

I. *Ueber die durch Magnetisiren des Eisens vermittelst Reibungselektricität inducirten Ströme;*
von H. W. Dove.

(Gelesen in der Academie der Wissenschaften am 28. October 1841.)

Eisen, welches durch die Entladung einer Flaschenbatterie in einen vorübergehenden und daher ohne Verlangsamung des Stromes bisher nicht nachweisbaren magnetischen Zustand versetzt wird, inducirt in einem in seiner Nähe befindlichen Drahte elektrische Ströme. Diese unterscheiden sich in mehreren wesentlichen Merkmalen von den Strömen, welche von Eisen inducirt werden, welches vermittelst galvanischer oder Thermo-Elektricität magnetisirt wurde. Die nachfolgenden Versuche bezwecken zunächst, diese Unterschiede empirisch festzustellen. Ihre Ergebnisse zeigen, daß bei dem Elektromagnetisiren des Eisens in demselben zwei einander entgegenwirkende Erscheinungen bedingt werden, nämlich Erregen elektrischer Ströme und Hervorrufen magnetischer Polarität. Bei den bisher in diesem Gebiete angestellten Untersuchungen überwog der Effect der magnetischen Polarisirung stets den hemmenden der zugleich erregten elektrischen Ströme, man erhielt daher, indem man diese letzteren mehr oder minder sich zu bilden hinderte, nur eine Schwächung der durch die magnetische Polarisirung hervorgebrachten Wirkung. Die nachfolgenden Versuche zeigen unter denselben Bedingungen eine vollkommene Umkehrung dieser Wirkung in die entgegengesetzte. Diese Umkehrung tritt aber für die physiologischen Wirkungen der inducirten Ströme, für ihre magnetisirenden Eigenschaften und für ihre thermi-

schen Wirkungen nicht zugleich ein, so daß dieselbe experimentelle Vorrichtung, welche die eine dieser Wirkungen noch verstärkt, für die andere bereits einen schwächenden Einfluß äußert. Dadurch werden alle Erklärungen beseitigt, welche aufgestellt worden sind, um eine dieser Wirkungen in ihren verschiedenen Modificationen allein zu erläutern. Ein elektrischer Strom erzeugt aber in einem neben ihm befindlichen Leiter einen andern schnell vorübergehenden elektrischen Strom, nur wenn er beginnt und wenn er aufhört, nicht aber so lange er fort dauert. Er erzeugt hingegen während seines ganzen Bestehens in einem neben ihm befindlichen Eisen Magnetismus, der sich in einer merkbaren Zeit zu seinem Maximum steigert. Die von Ampère zur Erläuterung dieses Magnetismus hypothetisch angenommenen die Eisentheilchen umkreisenden elektrischen Ströme unterscheiden sich also von allen bekannten elektrischen Strömen dadurch, daß sie während der Dauer eines elektrischen Stromes sich bilden, d. h. unter Umständen eintreten, wo sich nie andere elektrische Ströme bilden. Die nachfolgenden Versuche zeigen, daß die im Eisen bei dem Magnetisiren desselben nachweisbaren elektrischen Ströme entgegengesetzt wirken dem zugleich hervortretenden Magnetismus, ja daß sie dessen Wirkung nicht nur vollkommen neutralisiren, sondern sogar ihre entgegengesetzte Wirkung überwiegend gelten machen können. Da es nun nicht passend scheint, zwei Naturthätigkeiten, von denen die eine unter Umständen zu wirken beginnt, bei welchen die andere nie hervortritt, und welche, wenn sie zugleich in demselben Körper thätig sind, einander so entgegenwirken, daß bald die eine, bald die andere überwiegt, als identische durch denselben Namen zu bezeichnen, so scheint es zweckmäßig, Magnetismus und Elektrizität als zwei unterschiedene Naturkräfte anzuerkennen.

Ich werde zuerst an einem einfachen Schema den bei den Versuchen angewendeten Apparat und die damit erhaltenen Resultate erläutern, und dann die nähere Beschreibung derselben folgen lassen.

Wenn man in zwei gleichen Drähten ab und cd (Fig. 1 Taf. II), welche durch einen Draht bc mit einander verbunden sind, einen elektrischen Strom erregt, so wird dieser bei seinem Aufhören in zwei den ersten parallelen Drähten, $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, einen mit ihm gleichgerichteten Strom erzeugen. Verbinde man hingegen diese Drähte kreuzweise, d. h. (Fig. 2 Taf. II) α mit γ und β mit δ , so werden die von dem primären Strome ad in $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ inducirten Ströme einander entgegenwirken und bei Gleichheit derselben einander vollkommen aufheben. Befindet sich aber neben ab ein zweiter geschlossener Draht $efgh$ (Fig. 2), so wirkt der in demselben inducirte Strom auf ab und $\alpha\beta$ zurück, und zwar, da er mit den Strömen in ab und $\alpha\beta$ gleichgerichtet ist, verzögernd. Da aber die in ab erregte Rückwirkung sich auf alle Theile des Stromes $abcd$ erstreckt, so wird die Wirkung von ab auf $\alpha\beta$ in derselben Weise verändert als die von cd auf $\gamma\delta$, dieß kann also auf das vorher in $\alpha\beta\gamma\delta$ bestandene Stromgleichgewicht keinen Einfluß haben. Die Rückwirkung von $efgh$ auf $\alpha\beta$ wird hingegen nothwendig jenes Gleichgewicht aufheben, wenigstens für die Prüfungsmittel, welche von derselben Elektrizitätsmenge, wenn sie in längerer Zeit einen Draht durchläuft, weniger afficirt werden, als wenn dieß in kürzerer Zeit geschieht. Zu diesen gehört, wie ich früher ausführlicher gezeigt habe (diese Annalen, Bd. XXXIX S. 72), besonders die physiologische Wirkung und das Magnetisiren des Stahls, während der galvanometrische Effect des Stromes dadurch nicht verändert wird. Die in Beziehung auf jene Prüfungsmittel durch die Anwesenheit von $efgh$ im Drahte $\alpha\beta\gamma\delta$ nach aufgehobenen Stromgleichgewicht hervortretenden Inductions-

erscheinungen werden demnach durch einen von β nach α gerichteten Strom erzeugt erscheinen, da der in $\gamma\delta$ von cd inducirte unverzügerte Strom überwiegt über den von ab in $\alpha\beta$ inducirten, aber durch $efgh$ verzögerten Strom. Auch sind diese Inductionerscheinungen allein der Wirkung von $efgh$ auf $\alpha\beta$ zuzuschreiben, da die directe Wirkung von ab auf $\alpha\beta$ durch die Anwesenheit von $efgh$ nicht vermindert wird, wie aus dem auf hintereinanderliegende Drahtwindungen bei Inductionen anwendbaren Multiplicationsprincip unmittelbar folgt.

Substituirt man statt des in sich zurücklaufenden Drahtes $efgh$ eine auf der Ebene desselben lothrechte Eisenstange sn (Fig. 2 Taf. II), so wird der primäre Strom ab diese magnetisiren. Der bei dem Aufhören des primären Stromes ab verschwindende Magnetismus dieser Eisenstange inducirt aber in $\alpha\beta$ ebenfalls einen Strom, und zwar gleichgerichtet mit dem, welchen der in ab bestehende elektrische Strom im Moment seines Aufhörens in $\alpha\beta$ hervorruft. Das vorher in $\alpha\beta\gamma\delta$ bestandene Stromgleichgewicht wird also ebenfalls aufgehoben werden, der resultirende Strom wird aber, und zwar für alle Prüfungsmittel, die entgegengesetzte Richtung zeigen, nämlich von α nach β , da nämlich jetzt das verstärkte $\alpha\beta$ über das unverstärkte $\gamma\delta$ überwiegt. Denken wir uns endlich jenes elektromagnetisirte Eisen sn von einem leitenden Drahte $efgh$ umgeben, so wird wegen des in sn verschwindenden Magnetismus im Drahte $\alpha\beta$ eine gröfsere Elektrizitätsmenge in Bewegung versetzt als im Drahte $\gamma\delta$, wegen des in $efgh$ zugleich erregten elektrischen Stromes wird aber diese Elektrizitätsmenge langsamer bewegt werden als die geringere Menge im Drahte $\gamma\delta$.

Hier können also drei verschiedene Fälle eintreten:

- 1) Die vermehrte Elektrizitätsmenge steigert irgend eine bestimmte Wirkung des Stromes mehr, als die Verzögerung des Stromes sie vermindert.
- 2) Die durch die Vermehrung der Elektrizitätsmenge

gesteigerte Wirkung wird genau compensirt durch die Verzögerung des Stromes.

- 3) Die Verzögerung des Stromes schwächt eine bestimmte Wirkung mehr, als diese durch die vermehrte Elektrizitätsmenge gesteigert wird.

Im ersten Falle wird der Strom von α nach β gerichtet seyn, im zweiten wird das Stromgleichgewicht bestehen bleiben, im dritten wird der Strom von β nach α fließen. Bei allen bisherigen Inductionsversuchen durch elektromagnetisirtes Eisen hat man stets nur den ersten Fall beobachtet. Die folgenden Versuche zeigen, daß auch der dritte, und als besonderer Fall auch der zweite eintreten kann, und daß, wenn für ein Prüfungsmittel der erste eintritt, für ein anderes der dritte, und umgekehrt eintreten kann.

Ein aus isolirten Eisendrähten bestehendes Bündel gestattet nicht die Bildung peripherischer, das ganze Bündel umgebender elektrischer Ströme. Schließt man dasselbe hingegen in eine leitende Hülle ein, z. B. in eine geschlossene Messingröhre, so wird das Bündel den Magnet sn , die Hülle den Draht $efgh$ repräsentiren. Bei einer massiven Eisenstange wird die Oberfläche derselben als die einschließende Umhüllung $efgh$ angesehen werden können. Ein solcher Elektromagnet ist also sn mit seinem einschließenden Drahte $efgh$.

Befindet sich neben cd eine ähnliche Combination sn , und $efgh$, so wird das Stromgleichgewicht auf doppelte Weise aufgehoben, aus der Richtung des resultirenden Stromes wird aber erhellen, welche von beiden Störungen des Gleichgewichts die bedeutendere sey. Vermindert man diese durch Modification des stärkeren sn oder stärkeren $efgh$, so wird das gestörte Gleichgewicht wieder hergestellt werden können. Der Apparat wird dann eine messende Vorrichtung werden.

Zur Verstärkung der Wirkung ist es passend, sowohl den magnetisirenden Drähten ab und cd , als den

Drähten $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, auf welche die inducirende Wirkung erfolgt, die Form von Spiralen zu geben, von denen die letzteren auf die ersteren isolirend aufgeschoben werden, während in die ersteren hinein die zu magnetisirenden Eisenstangen gelegt werden. Fig. 3 Taf. II stellt den nach diesem Princip construirten Differential-Inductor dar, welcher von Hrn. Kleiner mit gewohnter Sorgfalt ausgeführt wurde.

1) Differential-Inductor für Reibungselektricität.

Auf zwei starke cylindrische Glasröhren von 1 Fufs Länge und 1 Zoll Weite sind zwei Spiralen von Kupferdraht in gleichem Sinne gewickelt und ganz in Schellack eingelassen, welches auswendig mit Papier überzogen ist. Jede der Spiralen bildet bei 32 Fufs Drahtlänge 80 Windungen. Von den Drahtklemmen, in welche diese Spiralen enden, wird a mit der inneren, d mit der äußeren Belegung der isolirten Batterie verbunden, nachdem diese vermittelt einer selbstentladenden Flasche eine constante Ladung erhalten hat. Da die Klemmen b und c durch einen Querdraht verbunden sind, so bilden die beiden Spiralen ab und cd zusammen den Schließungsdraht der Batterie. Die darauf zu schiebenden, in gleichem Sinne als die inneren gewickelten Inductionspiralen sind auf Röhren von Pappe in Schellack eingelassen, und haben bei 80 Windungen jede eine Drahtlänge von 45 Fufs. Die Dicke des Drahtes dieser Spiralen ist dieselbe als die des Drahtes der Schließungsspiralen, nämlich eine halbe Linie. Die beiden Enden jeder Nebenspirale befinden sich auf derselben Seite (der Vorderseite der Figur), es läuft daher das umgebogene längere Ende jeder Spirale (β , γ) in einer Glasröhre neben der äußeren Papierbekleidung hin, und ist daran durch zwei seidene Bänder vermittelt darunter gelegter Korkstückchen befestigt. Von den vier Enden dieser Spiralen sind zwei α und γ durch einen Quer-

draht verbunden, während die andern, β und δ , entweder, wie es die Figur zeigt, in Handhaben enden, oder durch eine, eine unmagnetische Stahlnadel enthaltende Spirale, durch ein Galvanometer, einen Elektromagneten, einen Zersetzungsapparat, ein elektrisches Luftthermometer oder ein Breguet'sches Metallthermometer, ein isolirtes Froschpräparat, einen Condensator oder eine Spitzenvorrichtung mit isolirter Zwischenscheibe von Harz zur Darstellung von Harzfiguren verbunden sind. Jede Schließungsspirale, ab und cd , liegt mit ihrer einhüllenden Nebenspirale, $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, auf zwei gut mit Schellack überzogenen Glasfüßen von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, welche in einer Höhe von $8\frac{1}{2}$ Zoll sich gabelförmig öffnen in zwei Glasstangen, die bei einer Länge von 3 Zoll oben $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander abstehen, und an den lothrechten Stangen durch Messinghülsen festgekittet sind. In die inneren Glasröhren werden die zu vergleichenden metallenen Cylinder und Drahtbündel hineingelegt, wie es die Figur zeigt, in welcher die Spirale cd einen massiven Cylinder, die Spirale ab ein in eine Metallhülle eingeschlossenes Drahtbündel enthält. Im Folgenden werden die inneren Spiralen »Schließungsdraht,« die äußeren Inductionsspiralen »Nebendraht« genannt werden.

Obgleich der hier beschriebene Apparat eben so für galvanische und Thermo-Elektricität als für Reibungs-Elektricität benutzt werden kann, so ist es für galvanische Ströme, wenn man starke Wirkungen verlangt, doch vorzuziehen, dem Schließungsdraht grössere Dicke, dem Nebendraht hingegen mehr Windungen zu geben, wobei es nicht nöthig ist auf die Isolation eine so grofse Sorgfalt zu verwenden, als bei Reibungselektricität erfordert wird. Der für jene Elektricitätsquellen von mir früher (diese Annal. Bd. XXXIX S. 77) angewendete Apparat unterscheidet sich daher nur in dieser Beziehung von dem hier abgebildeten. Die inneren Spiralen von 29 Windungen jede, aus $2\frac{1}{2}$ Lin. dickem überfirnißten Ku-

pferdraht, sind bei jenem nämlich in die Züge zweier gleich-geschnittenen Holzschrauben gewickelt, welche, inwendig ausgebohrt, Röhren von einem Zoll Weite bilden. Jede der eingeschobenen, auf Holzröhren gewickelten Nebenspiralen von $\frac{1}{2}$ Linie dickem, mit Seide übersponnenem Kupferdraht, hat 400 Fufs Länge.

Die in die Spiralen gelegten Metallstangen waren theils Cylinder, theils prismatische Stangen von quadratischem Querschnitt. Die Cylinder hatten gleiche Dimensionen, nämlich 11 Zoll 7 Linien Länge und $11\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser. Es waren deren dreizehn, nämlich von Messing, Zinn, Zink, Blei, gehärtetem Stahl, grauem Roheisen aus dem Tiegelofen, grauem Roheisen aus dem Cupolo-Ofen mit warmem und mit kaltem Wind, weissem Roheisen aus dem Cupolo-Ofen mit kaltem Wind geblasen, weissem Roheisen Tiegelguß, und zwei Cylinder von sehr weichem Schmiede-Eisen, ausserdem der Länge nach aufgeschnittene und unaufgeschnittene Flintenläufe, eine aufgeschnittene und eine unaufgeschnittene Messingröhre, eine Röhre von Blei, Zinn, Neusilber, Nickel, von vernietetem und der Länge nach aufgeschnittenem Eisenblech, sämmtlich von denselben Dimensionen, als die Cylinder. Die Drähte der Bündel hatten dieselbe Länge, als die Röhren. Es waren deren vier Sorten von weichem Eisen, von 0,70, 1,02, 1,46, 2,67 Linien Durchmesser, die erste Sorte mit Schellack gut überfirnist. Auch wurden Bündel von weichem Stahldraht von 0,57, von hartem Stahldraht von 0,87 und von überfirnistem Messingdraht von 0,70 Linien Durchmesser gebildet, ausserdem Cylinder construiert von feinen eisenen Bohrspähnen in Glasröhren eingeschlossen, und Cylinder von Scheiben aus Stahlblech, verzinntem Eisenblech, und Eisenplatten, die einzelnen Scheiben von einander durch Papierscheiben isolirt, endlich ein Cylinder von verzinnnten Eisenblechscheiben mit zwischengelegten Silbermünzen. Der Durchmesser dieser, aus einigen hun-

dert Lagen bestehenden Scheibensäulen betrug 9 Linien. Die prismatischen Stangen waren von Nickel, Antimon, Wismuth, Zink, Blei, Kupfer, Eisen, Messing, 18 Zoll lang und von 5 Linien Seite. Gold, Silber, Platin und Iridium wurden in zusammengelegten Streifen angewendet. Die Ergebnisse der Versuche waren folgende:

Entladet man die Batterie durch die inneren Spiralen, so erhält man von den gleichartig verbundenen Nebenspiralen den Schlag des mit dem primären Strome gleichgerichteten inducirten Stromes, welchen Henry und Riess unabhängig von einander nachgewiesen haben. Diese Erschütterung wird verändert, wenn in die vorher leeren Röhren metallische Substanzen gelegt werden. Ob eine solche Veränderung eine Verstärkung oder Schwächung sey, läßt sich bei geringen Unterschieden oft schwer beurtheilen, und es bedarf daher anderer Prüfungsmittel, um darüber sicher zu entscheiden. Bei kreuzweiser Verbindung der Nebenspiralen findet für alle hier anwendbaren Prüfungsmittel Stromgleichgewicht statt, welches durch Einführung eines Metalls in eine der compensirten Spiralen sogleich aufgehoben wird. Der dann hervortretende Strom wirkt aber nicht ablenkend auf die Galvanometernadel, da auch bei der sorgfältigsten Isolirung der Windungen von einander durch Ueberfirnissen des mit Seide besponnenen, auf einen Glasrahmen gewickelten Drahtes Funken zwischen den Windungen überspringen, er giebt, auf Jodkalium geprüft, keine chemische Zersetzung, und magnetisirt weiches Eisen nicht. Es blieb also zur Prüfung der Richtung des Stromes nur das von Hrn. Riess angegebene Verfahren mittelst Harzfiguren und mittelst des Condensators übrig ¹⁾, und eine physiologische Prüfung, auf welche ich im Verlaufe der Versuche geführt wurde. Das Ergebniss war Folgendes:

- 1) Diese und einige andere der folgenden Versuche habe ich in Gemeinschaft mit Hrn. Riess angestellt, der mir dabei die Benutzung seines Apparates auf das Zuvorkommenste gestattete.

2) Physiologische und elektroskopische Wirkungen des inducirten Stroms.

1) Die physiologische Wirkung des durch den Schließungsdraht der Batterie im Nebendraht inducirten Stromes wird geschwächt durch alle unmagnetischen Metalle, und zwar desto stärker, je besser leitend das Metall ist. Diese Schwächung ist daher bei Antimon, Wismuth und Blei viel unbedeutender, als bei Kupfer und Messing. Bei vorher compensirten Spiralen erhält man daher eine desto stärkere Erschütterung, je besser leitend das in eine derselben hineingelegte Metall ist. Der am Condensator und durch Harzfiguren geprüfte Strom geht dabei von der leeren Spirale aus, die hervortretende Erschütterung ist also eine Folge des schwächenden Einflusses des eingeführten Metalls auf die Spirale, in der es liegt.

2) Legt man in eine der Schließungsspiralen, statt eines massiven metallischen Cylinders oder einer metallischen Röhre, eine auf eine Pappröhre gewickelte Spirale von mit Seide übersponnenem Kupferdraht, so bleibt das Stromgleichgewicht in den Nebenspiralen bestehen, wenn ihre Enden unverbunden sind, wird hingegen aufgehoben bei verbundenen Enden. Eine aus einem einmal zusammengelegten Drahte gewickelte Spirale, welche aus zwei gleichen, widersinnig verbundenen Spiralen bestehend angesehen werden kann, hebt auch bei verbundenen Enden das Stromgleichgewicht in den Nebenspiralen nicht auf. Die Wirksamkeit der ersten Spirale entsteht also durch einen in derselben erzeugten elektrischen Strom, die Wirkungslosigkeit der zweiten dadurch, daß zwei gleiche elektrische Ströme ihren hemmenden Einfluß gegenseitig neutralisiren.

3) Solche elektrische Ströme müssen auch in massiven Cylindern und in geschlossenen Röhren entstehen; denn die Wirksamkeit der ersteren vermindert sich durch Trennen im Sinne der Längenrichtung, d. h. durch Ver-

wandeln des messingenen Cylinders in ein Bündel gut isolirter Messingdrähte, die Wirksamkeit der letzteren wird eben so geschwächt durch einen Längenschnitt. Bündel von Messingdrähten wirken schwächer hemmend als eine geschlossene Röhre von viel geringerer Masse bei gleichem äusseren Umfang der Röhren und des Bündels. Ein einfaches Prüfungsmittel, ob ein in eine der Röhren gelegter Metallstab das physiologisch ermittelte Stromgleichgewicht der Nebenspirale dadurch aufhebt, daß er die Wirkung seiner Spirale schwächt, ist daher das Hineinlegen von Messingdrähten in die andere leere Röhre, von denen eine gewisse Anzahl zuletzt das gestörte Stromgleichgewicht wieder herstellen muß.

4) Schmiede-Eisen, weicher und harter Stahl, weisses und graues Roheisen in Form massiver Cylinder und prismatischer Stangen, ferner in Form geschlossener Röhren, als Flintenläufe und vernietete Blechröhren, schwächt ebenfalls die physiologische Wirkung des inducirten Stromes. Dasselbe gilt von Cylindern aus Scheiben von Stahl, Schmiede-Eisen und verzinnem Eisenblech, sowohl mit isolirenden als mit leitenden Zwischenscheiben. Der am Condensator und durch Harzfiguren für Schmiede-Eisen und Stahl geprüfte Strom ging von der leeren Spirale aus. Der schwächende Einfluss der verschiedenen Sorten von Schmiede-Eisen, Stahl und Roheisen ist aber verschieden; denn bei zwei einander entgegenwirkenden Cylindern in den compensirten Spiralen erhält man an einem isolirten Froschpräparat stets Zukungen.

5) Die physiologische Wirkung wird hingegen verstärkt durch der Länge nach aufgeschnittene Flintenläufe, durch Cylinder von Bohrspähnen, und besonders durch gut isolirte Drahtbündel von Eisen. Ein in den Handgelenken fühlbarer Schlag der gleichartig verbundenen Nebenspiralen ging bei Einführung eines solchen Drahtbündels bis in die Hälfte des Oberarms. Der am

Condensator und durch Harzfiguren geprüfte Strom ging bei compensirten Spiralen von der Spirale aus, in welcher das Drahtbündel lag.

6) Ein von einer geschlossenen Messingröhre umgebenes Bündel isolirter Eisendrähte verhält sich hingegen wie ein massiver Eisencylinder, d. h. es schwächt den Schlag seiner Spirale und giebt einen von der leeren Spirale ausgehenden Strom. Dasselbe gilt, wenn es von einer stets in demselben Sinne gewickelten Spirale von Kupferdraht mit verbundenen Enden umgeben ist. Auch zeigt es eine freilich sehr geringe schwächende Wirkung, wenn diese Spirale schlecht leitend, nämlich von Neusilber ist, und es wäre nicht unmöglich, daß bei einer größeren Drahtmenge im Innern derselben die Wirkung umgekehrt ausfiele. Eine aus einem zusammengelegten Drahte gewickelte Spirale mit verbundenen Enden hat auch hier keinen Einfluß; denn ein Drahtbündel in eine solche eingehüllt, hält einem frei liegenden Drahtbündel in der andern Röhre genau das Gleichgewicht.

7) Eine massive Nickelstange giebt bei compensirten Spiralen eine kaum merkbare physiologische Wirkung. Der von ihr erzeugte Strom geht hingegen von der Spirale aus, in welcher sie liegt. Massiver Nickel verstärkt also die inducirende Wirkung, während massives Eisen sie schwächt. Auch hat die vorher vorhandene magnetische Polarität des Nickels darauf keinen Einfluß; denn die Richtung bleibt dieselbe, wenn man der Nickelstange in ihrer Spirale die umgekehrte Lage giebt. Bei überfirniften Nickeldrähten ist daher eine bedeutendere Verstärkung zu erwarten.

8) Alle hier gefundenen Ergebnisse sind unabhängig von der relativen Lage der Schließungsspirale, der Nebenspirale und des Cylinders zu einander; denn sie wurden in gleicher Weise erhalten, wenn die Batterie

durch die äußeren Spiralen entladen, die Induction hingegen an den inneren Spiralen geprüft wurde.

9) Ob eine in einer der Röhren liegende Stange verstärke, kann dadurch geprüft werden, daß man durch Eisendrähte in der andern Röhre zuletzt das Gleichgewicht wieder herstellt. Zu solchen Prüfungen muß man aber dünne Drähte wählen; denn da ein einzelner Draht als Cylinder betrachtet werden kann, welcher demnach besonders bei einer gewissen Dicke schwächt, so wird es für eine gegebene Dicke der Drähte eine Anzahl geben, welche unwirksam ist. Eine solche unwirksame Verbindung von Drähten wurde bei der stärksten Sorte für eine bestimmte Batterieladung wirklich nahe erhalten. Diese Anzahl muß, wenn Drähte zur Prüfung der Verstärkung einer andern Substanz gewählt werden, daher stets überschritten seyn, ist also durch einen vorläufigen Versuch zu bestimmen.

Um die Unterschiede zwischen den bisher erhaltenen Resultaten, bei welchen das Magnetisiren durch die Entladung einer Batterie geschieht, und denen, welche bei dem Magnetisiren durch eine galvanische Kette oder Thermosäule eintreten, schärfer hervortreten zu lassen, mögen aus der im October 1839 (Bericht, S. 163 und Poggend. Ann. Bd. XXXIX S. 72) der Academie vorgelegten ausführlichen Arbeit die hierher gehörigen Ergebnisse angeführt werden.

10) Die am Galvanometer bestimmte Richtung des bei dem Oeffnen der Kette inducirten Stromes geht bei vorher einander compensirenden Nebenspiralen stets von der aus, in welcher eine Eisenmasse beliebiger Form sich befindet, d. h. Drahtbündel, freiliegend, in geschlossenen und in ungeschlossenen Röhren geben der Richtung nach denselben Strom als massive Cylinder von Schmiedeeisen, weichem und hartem Stahl, weißem und grauem Gußeisen und Nickel. Auch hat die Trennung des Cylinders in Drähte auf die am Galvanometer bestimmte

Stärke dieses Stroms einen unerheblichen Einfluß. (Cylinder von magnetischen Metallen zeigen sich unwirksam.) Die am Galvanometer erhaltenen Resultate gehen parallel dem Magnetisiren von weichem Eisen durch den inducirten Strom.

11) Der physiologische Effect des Schließungsdrahtes der Kette auf den Nebendraht wird verstärkt durch alle eingeführte Eisensorten, aber die mechanische Trennung der Masse in Drahtbündel steigert ihn außerordentlich, so daß von zwei am Galvanometer einander das Gleichgewicht haltenden Strömen, von denen der eine durch einen massiven Eisencylinder, der andere durch ein freiliegendes Drahtbündel inducirt wird, eine heftige Erschütterung, vom Drahtbündel ausgehend, erhalten wird, während bei physiologischem Gleichgewicht der durch das Galvanometer angezeigte Strom vom massiven Cylinder ausgeht. Das Einschließen des vorher freiliegenden Drahtbündels in eine geschlossene Röhre nähert die Wirkung desselben dem eines Eisencylinders, d. h. es schwächt seine physiologische Wirkung ausnehmend, ohne auf seine galvanometrische Wirkung wesentlichen Einfluß zu haben. Geschlossene, das Drahtbündel einhüllende Drahtspiralen mit verbundenen Enden zeigen denselben Effect als metallische Hüllen, und zwar desto stärker, je leitender die Substanz derselben ist. Daher wirken geschlossene Drahtspiralen von Neusilber schwächer als von Kupfer. Widersinnig verbundene, aus zwei Theilen zusammengesetzte Spiralen und solche, welche halb rechts, halb links gewickelt sind, zeigen sich mit verbundenen Enden eben so unwirksam als einfach gewickelte mit unverbundenen Enden. Cylinder von nichtmagnetischen Substanzen schwächen die physiologische Wirkung ihrer Spirale.

Aus diesen und andern in der Abhandlung mitgetheilten Erscheinungen geht hervor, daß die metallische Hülle, welche das Drahtbündel einschließt, eben so das

Verbinden derselben zu einer ununterbrochenen Masse den inducirten Strom verzögert ¹).

12) Wirkt daher bei Induction durch galvanisches und thermo-elektrisches Magnetisiren ein Drahtbündel in der einen der compensirten Nebenspiralen einem massiven Eisencylinder in der andern Spirale entgegen, so erhält man den Unterschied zweier Wirkungen, bei Magnetisiren durch Reibungselektricität hingegen die Summe. Im ersteren Falle kann man daher die Wirkung eines eisernen Cylinders durch Eisendrähte neutralisiren, im letzteren durch Messingdrähte.

3) Magnetisiren des Stahls durch den inducirten Strom.

Um Anomalien zu vermeiden, wurden dazu starke Nadeln gewählt, dabei blieb die Drahtlänge stets unverändert, auch wurde der Batterie vermittelt der selbstentladenden Flasche stets eine constante Ladung ertheilt.

13) Hebt man bei compensirten Spiralen das Stromgleichgewicht durch Einschalten einer leitenden Substanz in die eine der Spiralen auf, so zeigt die Polarität einer durch den überwiegenden Strom magnetisirten Stahl-nadel an, daß der Strom von der leeren Spirale ausgeht, wenn die eingeführte Substanz ein Blech von Iridium, Platin, Gold, Silber ist, oder eine Stange von Kupfer, Messing, Zinn, Zink, Blei, oder eine Legirung von 1 Kupfer und 1 Wismuth, von 3 Kupfer und 1 Wismuth, von 3 Kupfer und 1 Antimon, 1 Zink und 1 Wismuth, von Kupfer, Zinn, Blei, Zink, Antimon, von Blei und Eisen, von Messing und Eisen, von Glockenmetall, endlich der Quere nach zusammengeschmolzene Streifen von Kupfer und Antimon, Glockengut und Antimon, Antimon

1) Zu ganz ähnlichen Schlüssen ist später Hr. Henry in Nordamerika in seiner zweiten Abhandlung gelangt. Der schnelle Strom wird bei ihm nicht durch ein Drahtbündel, sondern durch eine flache Bandspirale erzeugt, der verzögernde Schirm hat daher bei ihm nicht die Form einer cylindrischen Hülle, sondern die einer ebenen Scheibe.

und Wismuth. Das Stromgewicht blieb bestehen, wenn diese Stange von Antimon oder Wismuth war oder eine Legirung von 1 Wismuth und 1 Antimon, oder von 3 Wismuth und 1 Antimon. Hingegen zeigte die Polarität einen von der gefüllten Spirale ausgehenden Strom, wenn die eingeführte Substanz ein freiliegendes eisernes Drahtbündel war (bei starken Entladungen auch, wenn dieß Drahtbündel in einer geschlossenen Röhre), oder eine Säule aus Scheiben von Stahl, Eisen oder Weißblech, ein massiver Cylinder von Schmiede-Eisen, weichem oder hartem Stahl, weißem und grauem Roheisen, endlich auch eine Stange und Röhre von Nickel. Eine Trennung der Eisenmassen in Drähte steigert den magnetisirenden Effect außerordentlich; denn Drahtbündel, einem Cylinder von Schmiede-Eisen, Stahl und Roheisen in der andern Spirale entgegenwirkend, überwiegen auch dann, wenn die Masse derselben ein bedeutendes Vielfaches ihrer Masse ist. Sind hingegen kräftig überwiegende Drahtbündel in eine geschlossene Messingröhre eingeschlossen, so werden sie in ihrer magnetisirenden Wirkung von demselben massiven Cylinder überboten. In Beziehung auf das Magnetisiren der Stahlnadeln sind also die Erscheinungen ganz dieselben, das Magnetisiren mag durch galvanische oder Reibungselektricität hervorbracht werden, und es findet hier nicht der Unterschied statt, welcher in Beziehung auf die physiologischen Effecte sich zeigt, d. h. Eisen in jeder beliebigen Form verstärkt die Stahl magnetisirende Wirkung des von dem Schließungsdraht im Nebendraht inducirten Stroms.

4) Thermische Wirkung des inducirten Stromes.

Die Erwärmung durch den inducirten Strom ist unabhängig von der Richtung desselben. Ihre Messung geschah daher an einem einzigen Spiralenpaare, welches leer angewendet wurde und in welches dann die zu prüfenden Substanzen gelegt wurden. Eine Steigerung der Er-

Erwärmung läßt dabei unmittelbar auf eine Verstärkung, eine Verminderung derselben auf eine Schwächung durch die eingeführte Substanz schliessen. Zur Messung der Temperatur wurde dabei sowohl ein elektrisches Luftthermometer als ein Breguet'sches Metallthermometer angewendet.

14) Beim Magnetisiren durch Reibungselektricität schwächen sowohl eiserne Drahtbündel als eiserne Stäbe und Nickel den thermisch gemessenen Effect des von dem Schließungsdrahte im Nebendraht inducirten Stroms, und verhalten sich also wie unmagnetische Metalle, von denen Hr. Riefs dies bereits erwiesen hatte. Ist hingegen der primäre magnetisirende Strom ein galvanischer, so verstärken Eisenmassen und Bündel von Drähten den thermischen Effect des inducirten Stroms.

15) Faßt man also die für die verschiedenen Prüfungsmittel erhaltenen Resultate zusammen, so erhält man folgendes Ergebniss für die durch Reibungselektricität bedingten Erscheinungen: Legt man in zwei einander compensirende Spiralen eine massive Eisenstange, so erhält man keine Wirkung am Galvanometer, keine chemische Zersetzung und kein Magnetisiren von weichem Eisen; der durch das Magnetisiren einer Stahlnadel bestimmte Strom ist dabei seiner Richtung nach entgegengesetzt dem Strom, welchen die physiologische Wirkung, der Condensator, die Harzfiguren andeuten, d. h. die Einführung einer Eisenmasse schwächt den physiologischen, elektroskopischen und thermischen Effect dieser Spirale, verstärkt hingegen ihre Eigenschaft Stahl zu magnetisiren. Geschieht hingegen das Magnetisiren des Eisens auf galvanischem Wege, so werden die physiologischen, thermischen, galvanometrischen Wirkungen, und die, welches Eisen und Stahl zu magnetisiren, gesteigert.

Bei Einführung eines Drahtbündels steigern sich hingegen für Reibungselektricität die physiologischen, elektroskopischen und magnetisirenden Wirkungen der Spi-

rale, und nur ihre thermischen werden geschwächt, d. h. alle Prüfungsmittel geben bei compensirten Spiralen einen gleichgerichteten Strom, der aber, wenn seine Richtung auf thermischem Wege sich bestimmen liefse, entgegengesetzt ausfallen würde. Bei galvanischem Magnetisiren zeigen die Prüfungsmittel der Richtung des Stroms und auch der thermische Effect eine verstärkte Wirkung durch Einführung des Drahtbündels an.

5) Induction des Schließungsdrahtes auf sich selbst.

16) Bezeichnet *mn* (Fig. 4 Taf. II) den Schließungsdraht der Kleist'schen Flasche und *ab* den spiralförmig gekrümmten Theil desselben, *chhd* eine Nebenschließung, die bei den Handhaben *hh* durch den Körper vollzogen wird, so erhält man im Moment, wo der Funke bei *n* überspringt, eine Erschütterung, nicht aber, wenn die Nebenschließung wie in Fig. 5 Taf. II angebracht ist, auch wenn die zwischen *h* und *h* enthaltene Drahtlänge in beiden Fällen genau dieselbe ist ¹⁾). Im ersteren Falle ist der spiralförmige Theil des Schließungsdrahtes durch den *h* und *h* verbindenden Körper geschlossen, im letzteren aber nicht. Rührte die Erschütterung von einer Theilung des Stromes her, so müßte sie in beiden Fällen eintreten. Da dieß nicht der Fall ist, so ist sie die Wirkung einer wahrhaften Induction. Die Verstärkung des Schlages durch ein Drahtbündel ist sehr deutlich. Es wurde nun ein Cylinder von Nickel, 4 Zoll lang und $1\frac{1}{4}$ Zoll dick, eingeführt, ohne daß bestimmt werden konnte, in welchem Sinne die Veränderung sey, da sie bei der Stärke des Schlages unbedeutend war. Bei Einführung eines massiven Eisencylinders wird hingegen die Erschütterung sehr merklich geschwächt, eben so durch einen Cylinder unmagnetischen Metalles. Eine geschlossene, den spiralförmigen Theil des Schließungsdrahtes

1) Bericht der Acad. Jul. 1841, S. 252.

umhüllende Nebenspirale schwächt den Schlag des Schließungsdrahtes bedeutend, sehr wenig aber, wenn sie aus zwei widersinnig verbundenen Theilen besteht. Die thermische Prüfung zeigt bei Einführung des Eisens in beliebiger Form eine Schwächung, die an der Magnetnadel hingegen eine Verstärkung. Die hier betrachtete Induction ist also vollkommen identisch mit der in getrennten Drähten. (13. 14.)

6) Ergebnisse gegen die Ampèresche Theorie.

Die Gesamtheit der hier betrachteten Erscheinungen zeigt, daß der Unterschied zwischen der inducirenden Wirkung einer Eisenmasse und eines Drahtbündels nicht durch die Annahme erklärt werden kann, daß die elektrischen Ströme, welche den Magnetismus im Eisen erzeugen, anders beschaffen sind als die, welche während der Dauer des primären Stroms diesen Magnetismus erhalten. Denn diese Annahme führt wohl zu einer Schwächung, aber nie zu einer Umkehrung der Erscheinung, höchstens zu einer Wirkungslosigkeit, selbst unter der äußersten Voraussetzung, daß man sich die entstehenden Ströme anfangs parallel der Oberfläche des Eisens, später normal auf derselben denke. Auch erläutert sie nicht, daß eine inducirende Wirkung geschwächt werde, die andere verstärkt. Man muß vielmehr einen Schritt weiter gehen, und die magnetische Polarisirung als ein von den im Eisen erregten elektrischen Strömen nicht nur unabhängiges, sondern entgegengesetzt wirkendes Agens anerkennen. Die Erklärung der hier betrachteten Phänomene wird dann folgende:

Der in einem das Eisen spiralförmig umgebenden Drahte wirksame elektrische primäre Strom erzeugt in dem Momente, wo er entsteht, in dem Eisen elektrische Ströme, während seiner Dauer magnetische Polarität, die sich langsamer steigert als jener Strom, im Moment seines Aufhörens wieder einen elektrischen Strom. Der

bei dem Aufhören des primären Stroms erzeugte zweite elektrische mit dem primären gleichgerichtete Strom wirkt dem durch den verschwindenden Magnetismus erzeugten entgegen. Hatte, wie es bei galvanischem Magnetisiren der Fall ist, der Magnetismus während der längeren Dauer des Stromes Zeit sich zu entwickeln, so überwiegt die Wirkung desselben die entgegengesetzte des bei dem Aufhören des primären Stromes erzeugten elektrischen. Alle gegen die Bildung elektrischer Ströme angewendeten Mittel steigern daher nur eine von massivem Eisen bereits auch ausgeübte Wirkung. Ist hingegen der primäre Strom so schnell vorübergehend, wie der einer sich entladenden elektrischen Batterie, hatte also der Magnetismus nicht Zeit sich vollständig zu entwickeln, so überwiegt der bei dem Aufhören des primären Stromes erzeugte elektrische die Wirkung des verschwindenden Magnetismus. Das Zerstören dieser elektrischen Ströme durch Auflösen der Masse in Drähte, oder die Hemmung ihrer Bildung in einer schlecht leitenden Masse, wie bei dem Nickel, kehrt daher hier die Wirkung vollständig um, indem es den Ausschlag auf Seiten des verschwindenden Magnetismus bringt. Die Gleichgewichtsgränze beider ist aber für die thermischen, physiologischen und magnetisirenden Wirkungen nicht dieselbe, weil nämlich die Abhängigkeit derselben von der Intensität des verschwindenden Magnetismus eine andere seyn wird, als ihre Veränderung durch den entgegenwirkenden elektrischen Strom; für die magnetisirenden Wirkungen waltet daher noch die Wirkung des verschwindenden Magnetismus vor, wenn für die thermischen der erzeugte elektrische Strom hingegen überwiegt, und die physiologischen Erscheinungen auf beide Seiten dieser Gränze fallen.

Bei einem Elektro-Magnet wirkt das Innere physiologisch inducirend nach Aussen durch die leitende Hülle hindurch, welche diese Wirkung hemmen, ja vollkommen vernichten kann, und es bei der thermischen Wir-

kung hier auch thut, was aber bei galvanischem Magnetisiren nicht der Fall ist. Ein elektro-magnetisirtes Drahtbündel ist die annähernde Realisation eines Ampèreschen Solenoids. Dieses repräsentirt aber nicht einen Magneten; denn ihm fehlt die leitende Hülle, ohne welche das Drahtbündel sich eben nicht wie ein Magnet verhält. Das Wegfallen dieser Hülle kann aber im Sinne der Ampèreschen Theorie die Wirkung des Drahtbündels nicht umkehren, da die Elementarströme immer ihre convexen Seiten nach Ausen kehren, die Anzahl derselben mag eine begränzte oder unbegränzte seyn.

II. *Ueber den Magnetismus der sogenannten unmagnetischen Metalle; von H. W. Dove.*

Wenn man die Naturkörper in Beziehung auf irgend ein physikalisches Agens eintheilt, so findet man bald, daß die zunächst sich darbietende Vorstellung eines Gegensatzes, in welchen die Körper in Beziehung auf dasselbe zerfallen, aufgegeben werden muß; denn die Wirkung, welche energisch in gewissen Körpern hervortritt, in andern vollkommen zu fehlen scheint, stuft sich in der Reihenfolge derselben so allmähig ab, daß der Uebergang unmerklich wird. Nur von den magnetischen zu den unmagnetischen Metallen ist dieser Uebergang so plötzlich, daß, während über den Magnetismus jener alle Naturforscher einig sind, die Magnetisirbarkeit der letztern eben so oft behauptet, als ihr widersprochen worden ist.

Das Verfahren, welches man seit Brugmans stets angewendet hat, um den Magnetismus anderer Substanzen als des Eisens und Nickels zu erweisen, bestand entweder darin, daß man leicht bewegliche Substanzen durch

bei dem Aufhören des primären Stroms erzeugte zweite elektrische mit dem primären gleichgerichtete Strom wirkt dem durch den verschwindenden Magnetismus erzeugten entgegen. Hatte, wie es bei galvanischem Magnetisiren der Fall ist, der Magnetismus während der längeren Dauer des Stromes Zeit sich zu entwickeln, so überwiegt die Wirkung desselben die entgegengesetzte des bei dem Aufhören des primären Stromes erzeugten elektrischen. Alle gegen die Bildung elektrischer Ströme angewendeten Mittel steigern daher nur eine von massivem Eisen bereits auch ausgeübte Wirkung. Ist hingegen der primäre Strom so schnell vorübergehend, wie der einer sich entladenden elektrischen Batterie, hatte also der Magnetismus nicht Zeit sich vollständig zu entwickeln, so überwiegt der bei dem Aufhören des primären Stromes erzeugte elektrische die Wirkung des verschwindenden Magnetismus. Das Zerstören dieser elektrischen Ströme durch Auflösen der Masse in Drähte, oder die Hemmung ihrer Bildung in einer schlecht leitenden Masse, wie bei dem Nickel, kehrt daher hier die Wirkung vollständig um, indem es den Ausschlag auf Seiten des verschwindenden Magnetismus bringt. Die Gleichgewichtsgränze beider ist aber für die thermischen, physiologischen und magnetisirenden Wirkungen nicht dieselbe, weil nämlich die Abhängigkeit derselben von der Intensität des verschwindenden Magnetismus eine andere seyn wird, als ihre Veränderung durch den entgegenwirkenden elektrischen Strom; für die magnetisirenden Wirkungen waltet daher noch die Wirkung des verschwindenden Magnetismus vor, wenn für die thermischen der erzeugte elektrische Strom hingegen überwiegt, und die physiologischen Erscheinungen auf beide Seiten dieser Gränze fallen.

Bei einem Elektro-Magnet wirkt das Innere physiologisch inducirend nach Außen durch die leitende Hülle hindurch, welche diese Wirkung hemmen, ja vollkommen vernichten kann, und es bei der thermischen Wir-

kung hier auch thut, was aber bei galvanischem Magnetisiren nicht der Fall ist. Ein elektro-magnetisirtes Drahtbündel ist die annähernde Realisation eines Ampèreschen Solenoids. Dieses repräsentirt aber nicht einen Magneten; denn ihm fehlt die leitende Hülle, ohne welche das Drahtbündel sich eben nicht wie ein Magnet verhält. Das Wegfallen dieser Hülle kann aber im Sinne der Ampèreschen Theorie die Wirkung des Drahtbündels nicht umkehren, da die Elementarströme immer ihre convexen Seiten nach Außen kehren, die Anzahl derselben mag eine begränzte oder unbegränzte seyn.

II. *Ueber den Magnetismus der sogenannten unmagnetischen Metalle; von H. W. Dove.*

Wenn man die Naturkörper in Beziehung auf irgend ein physikalisches Agens eintheilt, so findet man bald, daß die zunächst sich darbietende Vorstellung eines Gegensatzes, in welchen die Körper in Beziehung auf dasselbe zerfallen, aufgegeben werden muß; denn die Wirkung, welche energisch in gewissen Körpern hervortritt, in andern vollkommen zu fehlen scheint, stuft sich in der Reihenfolge derselben so allmähig ab, daß der Uebergang unmerklich wird. Nur von den magnetischen zu den unmagnetischen Metallen ist dieser Uebergang so plötzlich, daß, während über den Magnetismus jener alle Naturforscher einig sind, die Magnetisirbarkeit der letztern eben so oft behauptet, als ihr widersprochen worden ist.

Das Verfahren, welches man seit Brugmans stets angewendet hat, um den Magnetismus anderer Substanzen als des Eisens und Nickels zu erweisen, bestand entweder darin, daß man leicht bewegliche Substanzen durch

kräftige Magnete, oder umgekehrt leicht bewegliche Magnete durch jene Substanzen zu richten und zu bewegen suchte. Der doppelte Magnetismus von Haüy und die seit Lebaillif's Sideroskop häufig wiederholte Anwendung astatischer Doppelnadeln gehört zu der zweiten Art, während die erste Methode sich bei verschiedenen Naturforschern nur in der Weise unterscheidet, wie die Körper beweglich gemacht wurden, entweder nämlich durch Schwimmen auf Wasser und Quecksilber vermittelt Korkstückchen, oder durch Aufhängen an Fäden von höchst geringer Torsion.

Der von mir eingeschlagene Weg ist hingegen ein anderer. Ich habe die Magnetisirbarkeit der verschiedenen Metalle durch die elektrischen Ströme geprüft, welche von ihnen, bei dem Verschwinden des in ihnen erregten Magnetismus, in einen sie spiralförmig umgebenden Leitungsdraht inducirt werden. In wiefern sich die auf diesem Wege erhaltenen Resultate an die früheren Beobachtungen anderer Naturforscher anschließen, wird am besten beurtheilt werden können, wenn die Ergebnisse derselben hier kurz angedeutet werden.

Nach Brugmans ¹⁾ besitzt Blei, Zinn, Antimon, Gold und Silber keine magnetische Kraft, hingegen wird auf Wasser oder Quecksilber schwimmendes Kupfer schwach angezogen, stärker Zink, eben so Wismuth von weißer, glänzender Silberfarbe, während hingegen das dunkle und fast violett gefärbte Wismuth von beiden Polen des Magnets zurückgestoßen wird. Kobalt äußert eine sehr schwache Verwandtschaft und dem Arsenik fehlt sie gänzlich; hingegen können im Messing Pole und ein Indifferenzpunkt hervorgebracht werden. Lehmann ²⁾ suchte ausführlich zu zeigen, daß der Magnetismus des Messings

1) *Magnetismus seu de affinitatibus magneticis observationes academicae* 1778. 4.

2) *De cupro et orichalco magnetico. Nov. Com. Petr.* 12 p. 368.

beigemengtem Eisen zuzuschreiben sey, während hingegen Cavallo ¹⁾ in Folge eigener Versuche zu der entgegengesetzten Ansicht gelangte. Brugmans sieht Anziehung durch den Magnet als Beweis für beigemengtes Eisen an.

Coulomb ²⁾ liefs Nadeln von Gold, Silber, Blei, Kupfer, Zinn 7 Millim. lang und 40 Milligrm. schwer zwischen den entgegengesetzten Polen kräftiger Magnete schwingen, und fand die zu vier Schwingungen erforderliche Zeit 22", 20", 18", 22", 19", während jede derselben außerhalb des Wirkungskreises jener Stäbe 44" brauchte, um vier Schwingungen zu vollenden. Bei der Wiederholung der Coulomb'schen Versuche in der *Royal Institution* erhielt Thomas Young weniger bestimmte Resultate als Coulomb. Coulomb selbst zeigte durch künstliche Combinationen von Eisenfeilen und Wachs, wie wenig Eisen erforderlich sey, um ähnliche Wirkungen hervorzubringen. Biot meint ³⁾, die Alternative, ob diese Erscheinungen durch wirklichen Magnetismus der Metalle oder durch beigemengtes Eisen hervorgebracht wären, sey nicht nothwendig, da sie auch Folgen einer andern Kraft seyn könnten. Aehnlich drückt sich Lamé ⁴⁾ in Beziehung auf die Versuche von Coulomb, Becquerel und Lebaillif aus.

Lebaillif ⁵⁾ bemerkte an seinem Sideroskop Anziehung durch Platin, Eisen, Nickel und Kobalt, hingegen Repulsion durch Wismuth und Antimon. Saigey ⁶⁾ erklärt, in Folge einer weitläufigen Versuchsreihe, diese

1) *Treatise on magnetism*, 1787, p. 283.

2) *Journal de physique*, LIV. p. 367 und 454. 1802.

3) *Précis élémentaire de physique*, sec. ed. II p. 78.

4) *Cours de physique*, II. p. 149.

5) *Bulletin universel*, VIII. p. 87.

6) *Ibid.* IX. p. 95.

Repulsion als allgemeine Eigenschaft aller in der Luft aufgehängten Körper, wahrgenommene Anziehungen hindurch Anwesenheit von Eisen.

Ampère und De la Rive untersuchten die Wirkungen eines kräftigen Magneten auf eine Kupferscheibe, die in einem von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahte beweglich aufgehängt war.

Dieses elektromagnetisirte Kupfer soll sich, nach einer mir unvollständig bekannt gewordenen Notiz, analog dem elektromagnetisirten Eisen gegen die Pole eines kräftigen Magneten verhalten haben. Hingegen fand Becquerel ¹⁾ keinen vollständigen Parallelismus der Erscheinungen zwischen einer Kupfer- und Eisennadel, wenn beide in die Windungen eines Multiplicators gehängt wurden. Seine Versuche kommen mit denen von Muncke ²⁾ überein, welcher an eisenhaltigem Messing nachwies, daß es sich zwischen den gleichartigen Polen zweier Magnetstäbe mehr oder minder transversal stelle. Seebeck ³⁾ hat dieselbe Eigenschaft auch an andern als eisen- und nickelhaltigen Substanzen nachgewiesen. Bei diesen Versuchen zeigten folgende Metalle transversale magnetische Polarisation:

- 1) Drähte von Kupfer von $\frac{1}{2}$ bis 4 Linien Dicke;
- 2) Platin in Form von Stangen, Blechen und als Schwamm;
- 3) eine gegossene Stange von Speiskobalt, Arsenik und Nickel enthaltend;
- 4) ein Goldstreifen mit 1 Proc. Silber, Kupfer und Eisen, und 1 mit Antimon gereinigter;
- 5) regulinisches Arsenik, eisenhaltig;
- 6) Alliagen von 3 Kupfer und 1 Antimon, und 1 Kupfer und 1 Antimon;

1) *Annales de chim. et de phys.* XXV, p. 269.

2) *Poggendorff's Annalen*, Bd. VI S. 361.

3) *Abhandlungen der Berl. Academie*. 1827, S. 147.

- 7) Alliagen von 5 Kupfer und 1 Wismuth, 1 Kupfer und 1 Wismuth, 1 Kupfer und 3 Wismuth. Hingegen zeigten sich indifferent:

Quecksilber, Wismuth, Antimon, Schwefelantimon, Blei, Zinn, Zink, Cadmium, reines Silber, reiner regulinischer Arsenik, eine Legirung von 4 Antimon und 1 Eisen, und eine von Kupfer und Nickel.

Anziehung von Kupfer auf astatiche Nadeln ist häufig bei Construction von Multiplicatoren beobachtet worden. So fand vor mehreren Jahren Hr. Professor Nervander aus Helsingfors bei seiner Anwesenheit in Berlin unter sehr vielen geprüften Kupfersorten nur eine mir gehörige Stange von Japanischem Kupfer, welche auf die empfindliche Nadel seines Multiplicators nicht anziehend wirkte. Hingegen hat Faraday ¹⁾ selbst Kobalt und Chrom, welche bisher für magnetisch galten, unmagnetisch gefunden, sobald sie von Eisen frei waren. Bei dem bedeutend schwächenden Einfluß der Temperatur auf die magnetische Intensität des Eisens und Nickels wäre es aber möglich, daß bei niedriger Temperatur Metalle magnetisch würden, welche es bei gewöhnlicher nicht sind. Doch zeigten sich selbst bei -60° bis -70° F. folgende Metalle, auf eine empfindliche astatiche Doppelnadel geprüft, unmagnetisch:

Arsen, Antimon, Wismuth, Kadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Gold, Blei, Quecksilber, Palladium, Platin, Silber, Zinn, Zink.

Dennoch behauptet Pouillet in der später als Faraday's Abhandlung erschienenen dritten Auflage seiner Physik, I. S. 381:

- 1) daß Kobalt stets magnetisch bleibt, auch bei hellster Rothgluth;
- 2) daß Chrom seinen Magnetismus etwas unter dunkler Rothglühhitze verliert;

1) *Lond. and Edinb. Phil. Mag.* 8. p. 177.

- 3) dafs Mangan bei -20° bis -25° C. magnetisch wird.

Aus den in der vorhergehenden Abhandlung mitgetheilten Versuchen über Induction durch Eisen, welches mittelst Reibungselektricität magnetisirt wurde, hat sich ergeben:

- 1) ein elektrischer Strom, bedingt in neben ihm befindlichen Eisen, zwei einander entgegengewirkende Thätigkeiten, nämlich magnetische Polarität und elektrische Ströme;
- 2) durch Auflösen der Eisenmasse in isolirte Drähte wird die Bildung elektrischer Ströme gehemmt, und es treten daher die Wirkungen der magnetischen Polarität reiner hervor;
- 3) diese magnetische Polarität inducirt bei ihrem Verschwinden in einem Nebendraht einen elektrischen Strom, der sich stets durch Magnetisiren einer Stahlnadel nachweisen läfst. Die Polarität dieser Stahlnadel bleibt nämlich immer dieselbe, wenn ein magnetisirbares Metall in eine der vorher compensirten Spiralen des Differential-Inductors gelegt wird, aber sie ist schwächer, wenn das magnetisirbare Metall eine massive Stange oder Scheibensäule, als wenn es ein Bündel isolirter Drähte ist. Die Polarität dieser Nadel ist hingegen die umgekehrte, wenn das hineingelegte Metall ein unmagnetisches ist. In diesem Falle wird sie nämlich von einem von der leeren Spirale ausgehenden Strom bestimmt.

Bei den elektroskopischen und physiologischen Phänomenen des vom elektromagnetisirten Eisen und Nickel inducirten Stromes haben wir die auffallende Thatsache wahrgenommen, dafs der schwächer magnetische Nickel stärker wirkt als das stärker magnetische Eisen, weil in jenem schlechter leitenden Metall die verzögernden elektrischen Ströme sich nicht so gut bilden können, als in dem besser leitenden Eisen, d. h. in Beziehung

auf elektroskopische und physiologische Prüfung verhält sich das massive Eisen wie ein unmagnetisches Metall, während es für das Magnetisiren der Nähnadel noch als magnetisches wirkt. Löst man es aber in isolirte Drähte auf, d. h. verhindert man die Bildung verzögernder elektrischer Ströme, so wirkt es auch in dieser Beziehung als magnetisches Metall. Es liegt nun die Vermuthung nahe, daß die sogenannten unmagnetischen Metalle sich in Beziehung auf die Eigenschaft des Stromes, Stahl zu magnetisiren, so verhalten wie Eisen für die elektroskopischen und physiologischen Eigenschaften desselben, d. h. daß sie unmagnetisch scheinen, weil die mit dem Magnetisiren gleichzeitig erregten elektrischen Ströme die Wirkung der magnetischen Polarität verdecken, daß sie es aber in der That nicht sind. Es kommt also, um die letztere hervortreten zu lassen, nur darauf an, die Bildung der elektrischen Ströme zu verhindern, d. h. sie ebenfalls in Drähte aufzulösen und dann die Richtung des inducirten Stromes durch Magnetisiren einer Stahl-nadel zu prüfen. Geht der Strom von der mit dem Drahtbündel gefüllten Spirale aus, so ist das Metall ein magnetisches, geht er hingegen von der leeren aus, ein unmagnetisches.

Zu vorläufigen Versuchen wurde Messing gewählt. In Form eines Cylinders schwächte es den Strom seiner Spirale, denn der resultirende Strom ging von der leeren aus; bei einer bestimmten Dicke der Drähte blieb das Stromgleichgewicht bestehen; bei Anwendung eines Bündels dünner, gut gefirnifster Messingdrähte ging hingegen der Strom von der vollen Spirale aus. In dieser Form wurde also das vorher unmagnetische Messing magnetisch.

Diese Versuche wurden nun auf Antimon, Blei, Wismuth, Zinn, Zink und Quecksilber ausgedehnt.

Die Isolation bei dem Quecksilber war dadurch hervorgebracht, daß es in oben und unten versiegelte Glas-

röhren eingeschlossen war, die Drähte der übrigen Metalle waren mit Schellack überzogen.

Das Kupfer war, nach der Analyse von Hrn. Heinrich Rose, eisenfrei, das Blei enthielt hingegen eine sehr schwache Spur von Eisen; Zinn Antimon und Wismuth hingegen mehr; das Zink war, nach der Untersuchung des Hrn. Dr. Marchand, chemisch rein. Die Versuche werden daher mit jenen Metallen wiederholt werden, sobald ich sie im Zustand der Reinheit erhalte.

Die Kupferdrähte hatten eine Dicke von 0,75, die Zinnrähte von 1,10, die Bleidrähte von 0,80, die Zinkdrähte von 0,60, die Messingdrähte von 0,75, die Antimonstäbe hatten einen Durchmesser von 2,80, die Wismuthstäbe von 2,80 Par. Linien, das Quecksilber war in Thermometerröhren gewöhnlicher Weite eingeschlossen.

Bei den Versuchen wurde stets ein und dieselbe Art starker Nähnadeln (sogenannte Stopfnadeln) angewendet, und die Batterie durch eine selbstentladende Flasche auf eine gleiche Ladung gebracht. Zeigte sich die Compensation der Spiralen nicht vollständig, so wurde sie durch Hineinlegen von Messingdrähten in die eine derselben vorher ermittelt.

Das Ergebniss der Versuche war bei Kupfer ein sehr merklicher Magnetismus, eben so entschieden bei Zinn, Quecksilber, Antimon und Wismuth, schwächer bei Zink und sehr unbedeutend bei Blei.

Eine Röhre von Messing schwächt die Wirkung ihrer Spirale, wirkt also unmagnetisch. Eine Röhre von Neusilber, und eben so gezogene Röhren von Zinn und Blei wirkten hingegen stark magnetisch, und zwar stärker als Drahtbündel. Es ist daher wahrscheinlich, dafs bei dem Ziehen dieser weichen Metalle zu Röhren sie sich mit einer dünnen Eisenschicht bedecken.

Das positive Resultat für Quecksilber ist deswegen wichtig, weil bei ihm eine Erklärung der Erscheinung durch beigemengtes Eisen wegfällt. Auch sind in der

vorhergehenden Abhandlung Legirungen von Eisen aufgeführt, welche in Form von Stangen sich, in dieser Weise geprüft, unmagnetisch verhalten. Die Beimengung des Eisens als solche kann also das Resultat nicht bestimmen.

Wirken in zwei einander compensirenden Spiralen ein massiver Eisencylinder und ein Bündel Eisendrähte einander entgegen, so wird bei galvanischem Elektromagnetisiren das Stromgleichgewicht in Beziehung auf das Magnetisiren einer Stahlnadel durch eine geringere Menge Drähte hervorgebracht, als in Beziehung auf das Galvanometer (diese Annalen, Bd. XXXIX S. 85); denn bei 70 Drähten von 1,12 Linien Durchmesser geschah das Magnetisiren der Stahlnadeln noch von den Drähten aus, während für das Galvanometer, selbst bei 110 Drähten, der massive Cylinder überwog. Da die bei Magnetisiren des Eisens durch Maschinenelektricität inducirten Ströme auf das Galvanometer nicht wirken, so konnte nur die Drahtmenge bestimmt werden, welche das Magnetisiren der Stahlnadel compensirte. Es fand sich dafs 14 Drähte von 0,70 Lin. Durchmesser jenen Cylinder compensirten, woraus unmittelbar hervorgeht, dafs man die magnetische Reihenfolge der Metalle nicht durch Compensation vermittelt Eisendrähten bestimmen kann, da die magnetisirende Wirkung derselben zu energisch ist. Am passendsten scheinen mir hiezu Messing- oder Kupferdrähte zu seyn.

Aus demselben Grunde kann man sich derselben nicht zur galvanometrischen Compensation bedienen, wenn man die zu vergleichenden Metalle durch galvanische Elektricität elektromagnetisirt. Es wird in dieser Beziehung genügen eine Versuchsreihe anzuführen, die mit einer Bunsen'schen Zinkkohlenkette am Differential-inductor für galvanische Elektricität erhalten wurde, in dessen Röhren nur 170 Drähte der dünnsten Sorte von 0,70 Lin. gelegt werden konnten.

Der Cylinder von weichem Eisen, die Flintenläufe und aufgeschnittene Röhren von doppeltem Eisenblech überwogen diese 170 Drähte, während eine geschlossene Röhre von doppeltem Eisenblech dadurch im Gleichgewicht erhalten wurde. Dasselbe trat für die nachfolgenden Substanzen, deren Dimensionen in der vorhergehenden Abhandlung angegeben sind, bei der danebenstehenden Drahtmenge ein.

S u b s t a n z e n .	Erforderliche Drahtmenge für galvano- metrische Compensation.
Röhre von doppeltem Eisenblech	170
Cylinder - weichem Stahl	150
- - - grauem Roheisen aus dem Tiegelofen	140
- - - - Cupolo-Ofen mit warmem Wind	86
- - - weißem Roheisen, Tiegelguß	84
Röhre von Eisenblech	84
Cylinder von weißem Roheisen a. d. Cupolo-Ofen mit kaltem Wind	83
- - - grauem Roheisen a. d. Cupolo-Ofen mit kaltem Wind	67
- - - hartem Stahl	67
quadratische Nickelstange (4", 75 Seite)	10
Röhre von Nickel	4
Cylinder von Eisenscheiben durch Papier getrennt	4
- - - Stahlscheiben - - -	2
- - - Weißblechscheiben - - -	1
Röhre von Neusilber	1
Cylinder von eisernen Bohrspähnen	1

Sowohl massive Cylinder als Drahtbündel und Röhren aus andern Metallen gaben eine kaum merkbare Schwächung ihrer Spirale. Der galvanische Strom ist also weniger geeignet den Magnetismus der sogenannten

unmagnetischen Metalle hervortreten zu lassen, als der einer sich entladenden elektrischen Flasche. Die bedeutende Schwächung der inducirenden Wirkung durch mechanische Trennung des Eisens in Scheiben geht aus dieser Versuchsreihe sehr überzeugend hervor. Es ist dies ein neuer Beweis, daß die galvanometrische Wirkung vorzugsweise durch den freien Magnetismus des elektromagnetisirten Eisens hervorgebracht wird.

III. Ueber einige elektromagnetische Apparate; von M. H. Jacobi.

(Aus dem *Bullet. scient. d. Petersb. Acad. T. IX.*)

Bereits im Mai v. J. hatte ich die Ehre der Academie mehrere elektromagnetische Apparate vorzulegen, an deren Beschreibung ich aber bis jetzt verhindert worden war. Ich will diese Beschreibung jetzt um so weniger verzögern, als der eine dieser Apparate sich bei gewissen galvanometrischen Messungen als sehr nützlich erwiesen hat, und den Experimentatoren, wie ich glaube, nicht unwillkommen seyn wird. Auf Taf. II sind drei Apparate abgebildet, wovon Fig. 6 ein elektromagnetischer Krafthebel, und Fig. 7 und 8 zwei Apparate sind, die theils zur Regulirung der Stärke des galvanischen Stromes, theils zu galvanometrischen Messungen gebraucht werden können.

I. Der elektromagnetische Krafthebel.

Im 5. Bande des *Bulletin scientifique*, p. 257 ¹⁾ befindet sich eine Reihe von Versuchen über die Anziehung der Elektromagnete, die wir, mein College Herr Lenz und ich, gemeinschaftlich mit diesem Apparate an-

1) *Annalen*, Bd. XXXXVII S. 225 und 401.

gestellt haben. Frühere Versuche, die ich noch in Königsberg über denselben Gegenstand unternommen hatte, und über welche in meinem *Mémoire sur l'application de l'Electromagnétisme au mouvement des machines*, p. 23, berichtet, gaben mir Veranlassung manche Uebelstände wahrzunehmen, welche bei dieser Meßmethode vorkommen, und schon damals eine Zeichnung zu dem vorliegenden Apparate zu entwerfen, wobei diese Uebelstände so viel wie möglich vermieden und beseitigt sind.

ABCD (Fig. 6 Taf. II) ist ein starkes, auf 4 Füßen ruhendes Brett, auf welchem das aus zwei starken Pfosten und einem Querbalken bestehende Gerüst *EFGH* befestigt ist. *FG* ist dazu bestimmt, eine mit Kupferdraht umwickelte hufeisenförmige Eisenstange *IK* zu tragen, deren starke unveränderliche Befestigung von großer Wichtigkeit ist. *L* ist ein starker eiserner Ständer, der sich oben gabelförmig erweitert, um die stählernen Schrauben, deren Flügel in *a* und *b* sichtbar sind, aufzunehmen. Diese Schrauben sind zugespitzt, und zwischen ihnen bewegt sich mit geringer Reibung die Axe *cd* des $4\frac{1}{2}$ Fuß langen eisernen Hebels *MN*, dessen obere, genau geradlinig gearbeitete Seite abgeschrägt ist, so daß sie gewissermaßen einen *dos d'âne* bildet. Genau $2\frac{1}{2}$ " vom Centrum dieses Hebels ist derselbe verstärkt und senkrecht durchbohrt, um einen starken, mit harter Reibung eingeschliffenen Zapfen aufzunehmen, welcher oben in eine Schraube ausläuft. Der Zapfen selbst hat unten einen Flügel, und wird unten durch einen Ansatz, oben aber durch eine Schraubenmutter festgehalten, doch so, daß die freie Umdrehung um seine Axe nicht verhindert wird. Die Schraube, in welche der Zapfen oben ausläuft, trägt gewissermaßen als Schraubenmutter ein starkes messingnes Stück *fg*, worin der ebenfalls mit Kupferdraht bewickelte Anker *OP* stark befestigt ist. Dieses Messingstück hat auf beiden Seiten einen prismatischen Schlitz, womit es in zwei ebenfalls prismatisch ge-

geformten Leitstangen eingeschliffen ist, welche auf dem Hebel selbst befestigt sind, und wovon die eine in *h* zu sehen ist. Man sieht leicht, daß wenn der Bolzen um seine Axe gedreht wird, das oben erwähnte Messingstück *fg* und mit ihm der darauf befestigte bewickelte Anker *OP* senkrecht gehoben und gesenkt, und so den Polen des ihm gegenüberstehenden Hufeisens näher gebracht, oder von ihnen entfernt werden kann. Das Ende des Hebels trägt eine Schneide und einen Bügel *i*, woran eine Schnur befestigt ist, welche über die Leitrolle *k* hinweggeht und das Gewicht *l* trägt, wodurch der Hebel aequilibrirt werden kann. An dem Pfosten *O*, welcher die Leitscheibe trägt, ist ein Bügel *mn* befestigt, an welchem zwei Stellschrauben *o*, *p* befindlich sind, welche theils die Bewegung des Hebels zu beschränken bestimmt sind, zum Theil aber, was die obere Schraube betrifft, die Bewegung des Hebels verhindern sollen, wenn, nachdem derselbe aequilibrirt ist, die Kette geschlossen wird, und die magnetische Anziehung stattfindet ehe die Messung beginnt. *P* ist ein Laufgewicht, das an einer Schneide hängt, die von dem mit zwei Rollen versehenen Wagen getragen wird, und durch eine gabelförmig sich endigende gezahnte Stange *ST*, in welche das Getriebe *R* greift, sanft hin und her bewegt werden kann. Durch einen in der Zeichnung nicht sichtbaren Schieber kann letzteres zum Eingriff gebracht oder ausgehoben werden, so daß alsdann die gezahnte Stange sich frei bewegen kann. Der Wagen trägt ein an einem Bügel befestigtes Bleiloth, das mit einer am Wagen befindlichen Spitze coïncidiren muß, um sich der horizontalen Lage des Hebels zu versichern. Später bediente ich mich zu diesem Zwecke einer Libelle. Die Entfernung vom Hypomochlium des Hebels bis zum Aufhängepunkte des Gegengewichts beträgt genau 50 engl. Zolle, also die 20malige Entfernung vom Hypomochlium bis zur Axe des Zapfens, welche Entfernung zu $2\frac{1}{4}$ " angenommen ist,

Die Pole des Hufeisens sowohl, als die des Ankers sind cylindrisch abgerundet, und zwar so, daß die vier Ar-
ten und die Axe des Zapfens in einer, senkrecht auf der
Oberfläche des Hebels stehenden Ebene liegen. Diese
Ebene kann als diejenige betrachtet werden, in welcher
der Schwerpunkt der magnetischen Anziehung liegt, so
daß, wenn wir die Entfernung dieser Ebene und die
des Laufgewichts P vom Hypomochlium durch a und
 na bezeichnen, die Anziehungskraft $M = nP$ wird. Auf
der einen Seitenfläche des Hebels befindet sich die Ein-
theilung in $\frac{1}{100}$ ", so daß durch einen am Wagen des Lauf-
gewichtes befindlichen Zeiger $\frac{1}{100}$ des Gewichtes unmit-
telbar abgelesen und $\frac{1}{1000}$ geschätzt werden kann. Der
Apparat selber ist leider in manchen Theilen nicht stark
genug, um sehr beträchtliche Tragkräfte zu messen. Bei
den oben angeführten Versuchen beschränkten wir uns
auf 2- bis 300 Pfund. Wir haben in dem früheren Auf-
satze schon mehrere Umstände erwähnt, welche, unge-
achtet aller getroffenen Vorsichtsmafsregeln, die Genauig-
keit der Beobachtungen afficiren, in dessen will ich nur noch
hinzufügen, daß wenn Jemand über die Tragkraft der
Elektromagnete genaue Versuche anzustellen geneigt seyn
sollte, er sich des hier beschriebenen Instruments mit
Vorthail wird bedienen können.

II. Der Regulator mit flüssigem Leitungswiderstande.

Bei den meisten unserer früheren Versuche war uns
die Erhaltung eines constanten Stromes von der grös-
ten Wichtigkeit; denn nur dadurch war es uns möglich
die genauen Resultate zu erhalten, deren wir uns er-
freuten. Wir bedienten uns damals einer Batterie von
Platin und Zink, deren Platten an einem Rahmen befe-
stigt waren, und welche in einem mit Zellen versehenen
Kasten mehr oder weniger eingetaucht werden konnten.
Der Kasten stand auf einer Plattform, die durch einen
zweckmäßigen Mechanismus gehoben oder gesenkt wer-

den konnte. Diese Einrichtung hatte manche Uubequemlichkeit, und war auch nicht für alle Fälle zu gebrauchen, weshalb ich mir später den Apparat anfertigen liefs, der in Fig. 7 Taf. II abgebildet ist. *ABCDEF* ist ein hölzerner, mit Wachs sorgfältig ausgegossener und wasserdichter Kasten, welcher durch eine thönerne Scheidewand *ab* in zwei Abtheilungen getheilt ist. Jede dieser Abtheilungen hat ein mit einem Röhrengelenk von Kautschuck versehenes Ausflufsrohr *cd*; *ef* sind zwei Ständer, an welchen eine runde Leitstange *gh* befestigt ist. Auf dieser befinden sich die Hülzen *i* und *k*, welche auf der Leitstange verschoben und durch zwei Fingerschrauben festgeklemmt werden können. Beide Hülzen sind durch eine Mikrometerschraube verbunden, wodurch ihre relative Lage regulirt werden kann; *mn* sind zwei Metallplatten, wovon die erstere an der Hülse *k* befestigt, die andere aber in der einen Zelle des Kastens blofs eingehängt ist. Indem man nun diesen Kasten in die Nähe des zu beobachtenden Galvanometers bringt, durch Umdrehen der Mikrometerschraube nach Befestigung der Hülse *i*, die Platten *m* und *n* mehr oder weniger von einander entfernt, und dadurch den Leitungswiderstand der Flüssigkeit vermehrt oder verringert, hat man es in seiner Gewalt, den Strom während der Beobachtung immer constant zu erhalten. Sind die Hülzen *i* und *k* einander so viel genähert, daß sie aneinanderstossen, so wird auch die Druckschraube von *i* gelöst, und das ganze System wird, je nach den Umständen, der Platte *n* oder der Scheidewand *ab* näher oder entfernter gebracht. Ich bediene mich gewöhnlich zweier Kupferplatten und des salpetersauren Kupfers als Leitungsflüssigkeit. Da die Ladungserscheinungen hierbei sehr gering sind, so wird die Constanz der übrigen erregenden Theile der Kette durch diesen Apparat nicht gefährdet, was aber der Fall seyn dürfte, wenn man z. B. Platinplatten und verdünnte Schwefelsäure u. s. w. nähme.

Für Untersuchungen über den Leitungswiderstand der Flüssigkeiten, welche ich beabsichtige, habe ich einen solchen Kasten anfertigen lassen, wobei die thönerne Scheidewand sich in der Mitte befindet, und wo noch eine besondere Mikrometerschraube vorhanden ist, um auch die feste Platte n nähern und entfernen zu können. Außerdem sind bei diesem Apparate die Leitstangen, auf welchen die Hülsen gleiten, in $\frac{1}{10}$ engl. Zolle eingetheilt, um die Entfernung der Platten von einander genau bestimmen zu können. Ferner sind, nach einer Verbesserung des Hrn. Lenz, die Mikrometerschrauben so lang wie der Kasten selbst, oder so lang wie die einzelnen Abtheilungen. Hiedurch ist man des lästigen Verschiebens der Hülsen i und k überhoben und kann die Schrauben durch eine Kurbel in Bewegung setzen, was viel bequemer ist.

III. Der Regulator mit festem Leitungswiderstande.

Die Beschreibung des vorstehenden Apparates zeigt, dafs es weiter keine Schwierigkeit hat, einen *allmählig* sich verändernden flüssigen Leitungswiderstand in die Kette einzuführen; die Aufgabe aber, die ich mir zu stellen Veranlassung hatte, *allmählig sich verändernde Drahtlängen* in die Kette einzuführen, hatte einige gröfsere Schwierigkeiten, die ich durch den in Fig. 8 Taf. II dargestellten Apparat glaube gelöst zu haben. AB , CD sind zwei Schrauben von genau gleichem Durchmesser und Gewinde. Die erstere davon ist auf einen Cylinder von Holz, Marmor u. s. w., die andere aber auf einen Metallcylinder eingeschnitten. Die Messingscheibe a , deren unterer Theil in das Quecksilbergefäfs c taucht, ist am Marmorcylinder AB angekittet, die Scheibe b aber, die in d taucht: an dem Metallcylinder angelöthet. Der Draht $efghi$ ist mit dem einen Ende an der Messingscheibe a , mit der andern an der Messingscheibe b befestigt. Er ist über einen Theil der Schraubengänge von

AB gewickelt, geht über die Leitungsrollen *kl* hinweg, und umgiebt dann einen Theil der Schraubengänge von *CD*. Das Gewicht *P*, welches im Schwerpunkte unter der winkelförmig gebogenen Stange *kml* hängt, dient dazu, den Draht immer in gehöriger Spannung zu erhalten. Die mit einer Kurbel versehene Axe *EF* liegt auf einem passenden Gerüste, das hier nicht abgebildet ist. Tritt der Strom in *c* ein, so durchläuft er alle, auf dem Metallcylinder *AB* befindlichen Windungen auf einmal, die auf dem Marmor- oder Holzcylinder befindlichen Windungen aber ihrer ganzen Länge nach. Man sieht leicht, daß durch Umdrehen der Kurbel der Draht bequem und allmähig von der einen Schraube ab- und auf die andere aufgewickelt werden kann, und so mit grösserer und geringerer relativen Länge in den Strom tritt, während die absolute Länge des Drahtes dieselbe bleibt.

Da die auf *CD* aufgewickelte Drahtspirale auf die zu beobachtende Galvanometernadel unmittelbar wirken könnte, so muß der Apparat sich in angemessener Entfernung vom Beobachtungsorte befinden. Um nun nicht zur Umdrehung der Schraube eines Gehülfsen zu bedürfen, bediene ich mich eines langen hölzernen Stockes, an dessen Ende sich die unter dem Namen Universalgelelenk bekannte Vorrichtung befindet, welche statt der Kurbel auf die Axe *EF* aufgesetzt werden kann.

Ich habe neuerdings einen Apparat dieser Art anfertigen lassen, und einige von der Zeichnung abweichende Einrichtungen getroffen. Die isolirende Schraube des früheren war von Holz, das sich aber warf, eintrocknete und andere Unregelmäßigkeiten verursachte. Ich zog es daher vor, die Schraube auf einen Cylinder von weißem carrarischen Marmor einschneiden zu lassen, da dieses Metall gehörig isolirt, und sich gut genug drehen und schneiden läßt. Desgleichen liefs ich statt der Stange *kml* mit den Leitrollen eine einzige große hölzerne Rolle anbringen, an deren Axe das Gewicht *P* in Pfannen auf-

gehängt ist. Die Quecksilbergefäße *c* und *d*, worin die Scheiben *a* und *b* tauchen, sind durch Rollen ersetzt, die durch starke Federn auf den Rand dieser Scheiben angepresst werden und zur Leitung des Stromes dienen. Endlich ist bei diesem Apparat das eine Ende der Axe mit einer Schraube ohne Ende versehen, die in ein Rad von 100 Zähnen greift, auf dessen Zifferblatt die Anzahl der Umdrehungen abgelesen werden kann. An einer anderen in 100 Theile getheilten Scheibe, die auf der Axe befestigt ist, kann man $\frac{1}{100}$ Umdrehung unmittelbar ablesen und $\frac{1}{1000}$ davon bequem schätzen. Es wird wünschenswerth seyn, die Dimensionen dieses Apparates zu erfahren, die ich in engl. Zollen angebe. Der Durchmesser des Cylinders beträgt 2",375, die Länge jeder Schraube 6", die des ganzen Cylinders also 1 Fuß. Auf jeder Schraube befinden sich 125 Gänge, so daß also ungefähr 78' Draht aufgewickelt werden können. Früher hatte ich Neusilberdraht von etwa $\frac{1}{30}$ " Durchmesser zur Leitung genommen, gegenwärtig befindet sich aber Messingdraht von $\frac{1}{30}$ " Dicke auf den Schrauben; es ist nämlich ein tübler Umstand, daß der, über der 6" im Durchmesser haltenden Leitrolle hinweggehende Draht, der in der Figur mit *fgh* bezeichnet ist, einen Leitungswiderstand von etwa 20" Länge darbietet, der aber mit Rücksicht auf die geringe Leitungsfähigkeit des Neusilbers bei der Messung geringer Leitungswiderstände die erforderliche Genauigkeit nicht zuläßt. Ungeachtet aller Sorgfalt war es nicht möglich die Schrauben in dem verschiedenen Material von genau gleichem Durchmesser zu schneiden. Wenn der Draht von der Messingschraube ab auf die Marmorschraube aufgewunden wird, so hebt sich das Gewicht bei 125 Umdrehungen um 0",875, weil letztere Schraube einen unmeßbar größeren Durchmesser hat als erstere. Die Drahtlänge *fgh* ist also um $2 \times 0,875 = 1",750$ verkürzt worden oder es sind, da jede Windung etwa $7\frac{1}{2}$ " Länge hat, bei 125 Windungen in

der That 0,233 Windungen zu viel gemessen worden. Es ist daher für jede Windung eine Correction von 0,002 Windungen in Abzug zu bringen, was natürlich bei den meisten vorkommenden Fällen keine Bedeutung hat, aber doch wenigstens erwähnt werden mußte.

Da auch die galvanometrischen Messungen nach und nach anfangen Ansprüche auf Genauigkeit zu machen, so war es mir wichtig zu erfahren, welchen Grad von Genauigkeit dieser Regulator gewähre. Ich unternahm daher eine Reihe von Messungen, um die Leitungswiderstände mehrerer zu einem bestimmten anderweitigen Zwecke vorbereiteter Drähte zu bestimmen.

Die Versuche wurden mit einem einzigen Plattenpaare Platin-Zink angestellt, das ungefähr $\frac{1}{2}$ Quadratfuß Platinoberfläche darbot, und die Ablenkungen wurden an der Tangentenbussole beobachtet. Zuerst wurde der zu messende Draht ohne Regulator eingebracht und die Ablenkung der Nadel durch Drehen der mit dem Vernier verbundenen elektromagnetischen Spirale auf einen bestimmten Theilstrich fixirt, dann wurde der Widerstandsregulator an die Stelle des Drahtes eingeschaltet, und die Schraube so lange gedreht, bis die Nadel wieder dieselbe Ablenkung zeigte. Da der Nullpunkt des Zifferblattes nicht mit dem Anfange der Windungen übereinzustimmen braucht, so muß die abgelesene Anzahl von Windungen um eine constante Länge, von welcher der Draht *fgh* ein Theil ist, vermehrt werden, um den wirklichen Leitungswiderstand zu erhalten. In der folgenden Tab. I ist in der ersten Columne die Nummer der zu messenden Drähte, in der zweiten die Ablesung am Zifferblatte des Regulators und in der dritten Columne der nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete wirkliche Leitungswiderstand angegeben, wobei die Länge eines Schraubenganges zur Einheit genommen ist. Die oben erwähnten Correctionen von $-0,002$ für jede Windung sind hierbei bereits berechnet.

T a b. I.

Nummer der Drähte.	Ablesung am Regula- tor.	Berechnete Leitungs- widerstän- de der Drähte.	Berechnete Summe der Leitungs- wider- stände.	Differenz.
L^I	5,808	10,123		
L^{II}	3,136	7,458		
L^{III}	3,115	7,437		
L^{IV}	3,311	7,636		
L^V	2,784	7,103		
L^{VI}	40,148	41,381		
$L^I + L^{II}$	13,333	17,631	17,581	+0,050
$L^I + L^{II} + L^{III}$	20,710	24,989	25,018	-0,029
$L^I \dots + L^{IV}$	28,378	32,650	32,654	-0,004
$L^I \dots + L^V$	35,510	39,771	39,757	+0,014
$L^I \dots + L^{VI}$	79,888	84,125	81,138	-0,013

Bezeichnen wir den eigentlichen Leitungswiderstand mit l' , l'' etc. und die hinzuzufügende Constante mit x , so hat man $l' = 5,808 + x$, $l'' = 3,136 + x$, $l' + l'' = 13,333 + x$ u. s. w., woraus man die fünf Gleichungen erhält:

$$x = 4,389$$

$$2x = 8,651$$

$$3x = 13,008$$

$$4x = 17,356$$

$$5x = 21,586$$

aus welchen nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$x = 4,329.$$

Addirt man die respectiven Leitungswiderstände in der dritten Columnne zusammen, so erhält man die Zahlen der vierten Columnne, deren Abweichungen von den berechneten Leitungswiderständen in der sechsten Columnne angegeben sind. Die größte Differenz ist 0,05, was, da die Länge einer Drahtwindung ungefähr 7",5 engl. ist, 3",75 Neusilberdraht von $\frac{1}{30}$ " Durchmesser beträgt.

Diese bis jetzt, wie ich glaube, bei Messungen der

Art noch nicht erreichte Genauigkeit, könnte noch weiter getrieben werden, wenn die Constanz der Kette und die feste Aufstellung der Galvanometerbussole ihrer Empfindlichkeit, so wie der Schärfe entspräche, womit an ihr beobachtet werden könnte. Indessen kann ich es nicht verbergen, daß die einzelnen Beobachtungen unter sich nicht diese Genauigkeit gewähren und bisweilen Differenzen zeigen, welche sich bis zur Höhe von $\frac{1}{100}$ des ganzen Leitungswiderstandes erheben. Die vorigen Beobachtungen wurden, wie schon erwähnt, mit der Tangentenbussole angestellt, auf der ich die Ablenkung bis auf 2" bequem schätzen konnte. Gegenwärtig habe ich eine Sinusbussole anfertigen lassen, die mit mehreren, von Hrn. Prof. Poggendorff angegebenen Verbesserungen versehen ist, deren Beschreibung ich mir vorbehalte, und mit der ich durch vortreffliche Mikroskope die Ablenkungen bis auf 20" genau ablesen kann. Ich habe einige sehr gut mit einander übereinstimmende Messungen mit diesem Instrumente gemacht, indessen erfordert dasselbe eine feste, den temporären Erschütterungen vorbeifahrender Wagen u. s. w. nicht exponirte Aufstellung, die mir bis jetzt nicht zugänglich war. So genaue Beobachtungen werden aber in der Folge Rücksicht auf die Temperatur der Drähte, auf den möglicherweise ungleichen Widerstand der einzelnen Windungen, und sogar auf die, während der Beobachtungen eintretenden Veränderungen der magnetischen Erdkraft erheischen und die Vernachlässigung dieser Umstände nicht länger gestatten. Es ist mir nicht unwahrscheinlich, daß gerade durch solche genaue Messungen Umstände hervortreten dürften, die uns dem, im Grunde ganz räthselhaften Phänomene des Leitungswiderstandes näher zu treten erlauben würden. Zu empfehlen ist noch, den Regulator immer sehr rein und blank zu erhalten, weil Sprünge, die man hin und wieder in der allmähig sich verändernden Ablenkung der Nadel bemerkt, nur einer, durch oberflächliche Oxy-

dation veranlafsten unvollkommenen Berührung zugeschrieben werden können. Vortheilhaft wird es daher seyn, das ganze Instrument aus einem an der Luft nicht oxydirbaren Metalle, z. B. Neusilber oder Platin, anfertigen zu lassen.

Bei meiner Anwesenheit in London im vorigen Jahre zeigte mir Hr. Prof. Wheatstone ein, meinem so eben beschriebenen Stromregulator, den ich der Academie in der Sitzung vom 24. April (6. Mai) präsentirt hatte, ähnliches Instrument. Dieser Gelehrte hatte sich dieses nützlichen Apparates bedient, um die Leitungswiderstände bei der elektromagnetischen Telegraphenlinie zu bestimmen, die er auf der London-Bristol-Eisenbahn anzulegen im Begriff war. Er hatte mir sehr interessante Mittheilungen über scheinbare Anomalien gemacht, die bei so langen Drahtleitungen vorkommen, und die in dem Ohm'schen Gesetze, von dessen Wichtigkeit er durchdrungen ist, ihre vollkommene Erklärung finden. Man kann der Publication dieser Arbeiten mit Ungeduld entgegensehen, um so mehr, da Hr. Wheatstone keine praktische Arbeit unternimmt, ohne dabei auch der Wissenschaft eine Ausbeute zu gewinnen. Zugleich machte mich dieser Gelehrte auch auf ein Verfahren aufmerksam, mit diesem Instrumente die elektromotorischen Kräfte verschiedener galvanischen Combinationen zu vergleichen, ein Verfahren, welches in vielen, besonders den Fällen nützlich ist, wo man sich eines Galvanometers bedient, für welches das Gesetz oder der Intensitätswerth der Ablenkung nicht bekannt ist. Ich nahm keinen Anstand, dieses Verfahren bei einigen Arbeiten, die ich beabsichtigte, zu benutzen, und theile der Academie einige von den Beobachtungen mit, die ich danach angestellt habe.

Werden nämlich die elektromotorischen Kräfte und die respectiven Leitungswiderstände zweier galvanischen Combinationen durch A , A' und λ , λ' , und die Leitungswiderstände, welche eingeschaltet werden müssen, um

mit jeder dieser Combinationen nach und nach eine bestimmte Ablenkung α und β hervorzubringen, durch x , x' und $L+x$ und $L'+x'$ bezeichnet, so hat man nach der Ohm'schen Formel die vier Gleichungen:

$$\begin{array}{l|l} \frac{A}{\lambda+x} = \alpha & \frac{A'}{\lambda'+x'} = \alpha \\ \frac{A}{\lambda+x+L} = \beta & \frac{A'}{\lambda'+x'+L'} = \beta \end{array}$$

woraus sich ergibt $\frac{A}{A'} = \frac{L}{L'}$.

Man hat also weiter nichts nöthig, als die Anzahl der Umdrehungen der Schraube zu zählen, welche nöthig sind, um die Ablenkungen der Nadel von α auf β zu bringen, um dadurch das Verhältniß der elektromotorischen Kräfte zu erhalten. Die in der Tabelle II und III aufgezeichnete Versuchsreihe wurde mit zwölf Daniell'schen, mit Kupfervitriol und verdünnter Schwefelsäure geladenen Elementen, angestellt, bei denen die Flüssigkeiten durch poröse Thoncylinder getrennt waren, und deren Kupfergefäße 3" Durchmesser und $5\frac{1}{2}$ " Höhe hatten.

In der Tabelle II und III enthält die erste Columne die Nummer und Anzahl der Plattenpaare, die zweite, die der Anzahl der Umdrehungen proportionalen elektromotorischen Kräfte, die dritte die berechnete Summe der letztern, und die vierte endlich, die Differenzen zwischen der Rechnung und der Beobachtung.

T a b. I L.

Nummer und Anzahl der Plattenpaare.	Beobachtete elektrom. Kraft.	Berechnete elektrom. Kraft.	Differenzen.
No. 1	4,19		
2	4,16		
3	4,45		
4	4,41		
5	4,44		
6	4,41		
7	4,01		
8	4,54		
9	4,52		
10	4,49		
11	4,58		
12	4,54		
1—2	9,00	8,35	+0,65
1—3	13,59	12,80	+0,79
1—4	18,43	17,21	+1,22
1—5	23,00	21,65	+1,35
1—6	28,60	26,06	+2,54
1—7	33,64	30,07	+3,57
1—8	37,16	34,61	+2,55
1—9	41,41	39,13	+2,28
1—10	46,20	43,62	+2,62
1—11	50,38	48,20	+2,18
1—12	55,87	52,74	+3,13

Bei diesen Beobachtungen wurde die Ablenkung von 19° durch die Einschaltung einer größeren Drahtlänge bis auf 13° , also um 6° , vermindert. Bei den folgenden Beobachtungen der Tab. III wurde diese Ablenkung aber von 17° bis auf 15° , also um 2° , vermindert, und zwar aus dem Grunde, um nicht durch Einschaltung einer zu großen Drahtmenge die Beobachtungen unsicher zu machen. Ferner wurden die Beobachtungen in einer von der früheren verschiedenen, aus der Tabelle ersichtlichen, Ordnung angestellt, welche, wie ich glaube, den zufälligen Umständen mehr entgegentritt und ihnen keinen so weiten Spielraum gestattet. Die Beobachtungen

der beiden Tabellen sind direct nicht mit einander vergleichbar.

T a b. III.

Nummer und Anzahl der Plattenpaare.	Beobachtete elektrom. Kraft.	Berechnete elektrom. Kraft.	Differenzen.
No. 12	1,78		
11	1,85		
11—12	3,59	3,63	—0,04
10	1,82		
10—12	5,38	5,45	—0,07
9	1,81		
9—12	7,23	7,26	—0,03
8	1,85		
8—12	9,21	9,11	+0,10
7	1,84		
7—12	10,69	10,95	—0,26
6	1,81		
6—12	12,47	12,76	—0,29
5	1,65		
5—12	14,29	14,41	—0,12
4	1,78		
4—12	15,95	16,19	—0,24
3	1,80		
3—12	17,81	17,99	—0,18
2	1,84		
2—12	19,62	19,83	—0,21
1	1,83		
1—12	21,13	21,66	—0,53

Auffallend ist es bei beiden Beobachtungsreihen, daß die Differenzen zwischen den *beobachteten* elektromotorischen Kräften der mehrplattigen Combinationen und den aus der Summe der einzelnen Elemente *berechneten* elektromotorischen Kräften, immer auf eine Seite fallen, und bei der ersten Tabelle positiv, bei der zweiten negativ sind. Ich habe bei einigen anderen Versuchsreihen ähnliche Phänomene wahrgenommen und die Differenzen ganz oder zum größten Theil immer nur auf einer Seite ge-

funden. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, die Ursache dieser Sonderbarkeit zu erklären, die ich indessen eher in sogenannten zufälligen Umständen, als in einer Modification zu suchen geneigt bin, die das von Fechner etablirte Gesetz zu erleiden hätte. Es ist übrigens eine bekannte Erfahrung, daß die Ketten mit Scheidewänden eine größere oder geringere Zeit nach ihrem Schlusse noch immer an Stärke zunehmen, und daß eine solche Veränderung, wie ich oft sehr häufig gefunden habe, sowohl durch eine Vermehrung, als auch eine Verminderung der elektromotorischen Kraft veranlaßt werden kann, wenn nur, wie es der letztere Fall fordert, der Leitungswiderstand der Flüssigkeit sich ebenfalls, aber in einem noch größeren Verhältnisse, vermindert.

Aus der Tabelle II ergibt sich als Mittelzahl aus den einzelnen Elementen die elektromotorische Kraft zu 4,395, aus den verschiedenen Combinationen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, aber zu 4,639. Setzen wir erstere = 100, so erhalten wir für letztere = 105,5.

Nach der Tabelle III ist dieses Verhältniß wie 100 : 98,6. Nehmen wir hieraus die Mittelzahl, um die zufälligen Umstände zu eliminiren, so erhalten wir 100 : 101,5. Obgleich man also daraus ersieht, daß bis zu 12 Plattenpaaren das bekannte Gesetz, ohne bedeutende Fehler zu begehen, angenommen werden dürfte, so kann doch, so lange die Fehlerquellen nicht auf eine entschiedene Weise bekannt sind, dieser Gegenstand keinesweges als experimentell abgeschlossen betrachtet werden, wie man hin und wieder zu glauben geneigt seyn möchte.

Nach den früheren Methoden werden gewöhnlich die Constanten der Kette aus den Stromstärken berechnet, welche durch Ablenkungen oder Schwingungen u. s. w. gemessen werden. Hierbei tritt der Umstand ein, daß die stärkeren Ströme zugleich größere Temperaturerhöhungen innerhalb der Kette selbst hervorrufen, wodurch

sowohl die Leitungswiderstände, als auch die elektromotorischen Kräfte afficirt werden. Dieser Umstand, den man, da er bis jetzt noch nicht hat in Rechnung gebracht werden können, als Fehlerquelle zu betrachten hat, ist bei der gegenwärtigen Methode, wo die Ströme immer von gleicher Stärke sind, zum Theil vermieden.

Nachtrag.

Da ich oben die Beschreibung eines Apparates gegeben habe, der dazu bestimmt ist, die Tragkraft der Elektromagnete zu messen, so mögen einige Bemerkungen hier an der Stelle seyn, zu denen mich ein Aufsatz des Hrn. C. H. Pfaff veranlaßt, der sich im LIII. Bande von Poggendorff's Annalen, S. 309, befindet. Herr Pfaff glaubt nämlich durch Versuche bewiesen zu haben, daß der Elektromagnetismus hohler Eisenstangen in einem höheren Verhältnisse wachse, als dem des einfachen der Masse, und glaubt die Abweichung des von Lenz und mir gefundenen Gesetzes durch seine Versuche gerechtfertigt. Dieses scheint mir nun keinesweges der Fall zu seyn, da, wie ich bei anderen Gelegenheiten zu bemerken Veranlassung hatte, die Tragkraft der Elektromagnete ein Maafs ist, das über die magnetischen Zustände einer Eisenstange nur die ungewisseste Auskunft zu geben vermag. Lenz und ich, wir hatten bei unseren Versuchen diese Methode immer vermieden oder umgangen, und uns nur ein Mal derselben bedient, um den aus anderen Versuchen entwickelten Satz zu bestätigen, daß die Anziehung der Elektromagnete den Quadraten der magnetisirenden Ströme proportional ist. Auch hier haben wir Anomalien gefunden, die uns indessen nicht zu einer Modification dieses Gesetzes veranlassen durften, weil sie aus den verwickelten und zufälligen Umständen hervorzugehen scheinen, welche das Abreißen und Anlegen des Ankers begleiten. Diese Umstände

funden. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, die Ursache dieser Sonderbarkeit zu erklären, die ich indessen eher in sogenannten zufälligen Umständen, als in einer Modification zu suchen geneigt bin, die das von Fechner etablierte Gesetz zu erleiden hätte. Es ist übrigens eine bekannte Erfahrung, daß die Ketten mit Scheidewänden eine grössere oder geringere Zeit nach ihrem Schlusse noch immer an Stärke zunehmen, und daß eine solche Veränderung, wie ich oft sehr häufig gefunden habe, sowohl durch eine Vermehrung, als auch eine Verminderung der elektromotorischen Kraft veranlaßt werden kann, wenn nur, wie es der letztere Fall fordert, der Leitungswiderstand der Flüssigkeit sich ebenfalls, aber in einem noch grösseren Verhältnisse, vermindert.

Aus der Tabelle II ergibt sich als Mittelzahl aus den einzelnen Elementen die elektromotorische Kraft zu 4,395, aus den verschiedenen Combinationen, nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet, aber zu 4,639. Setzen wir erstere = 100, so erhalten wir für letztere = 105,5.

Nach der Tabelle III ist dieses Verhältniß wie 100 : 98,6. Nehmen wir hieraus die Mittelzahl, um die zufälligen Umstände zu eliminiren, so erhalten wir 100 : 101,5. Obgleich man also daraus ersieht, daß bis zu 12 Plattenpaaren das bekannte Gesetz, ohne bedeutende Fehler zu begehen, angenommen werden dürfte, so kann doch, so lange die Fehlerquellen nicht auf eine entschiedene Weise bekannt sind, dieser Gegenstand keinesweges als experimentell abgeschlossen betrachtet werden, wie man hin und wieder zu glauben geneigt seyn möchte.

Nach den früheren Methoden werden gewöhnlich die Constanten der Kette aus den Stromstärken berechnet, welche durch Ablenkungen oder Schwingungen u. s. w. gemessen werden. Hierbei tritt der Umstand ein, daß die stärkeren Ströme zugleich grössere Temperaturerhöhungen innerhalb der Kette selbst hervorrufen, wodurch

sowohl die Leitungswiderstände, als auch die elektromotorischen Kräfte afficirt werden. Dieser Umstand, den man, da er bis jetzt noch nicht hat in Rechnung gebracht werden können, als Fehlerquelle zu betrachten hat, ist bei der gegenwärtigen Methode, wo die Ströme immer von gleicher Stärke sind, zum Theil vermieden.

Nachtrag.

Da ich oben die Beschreibung eines Apparates gegeben habe, der dazu bestimmt ist, die Tragkraft der Elektromagnete zu messen, so mögen einige Bemerkungen hier an der Stelle seyn, zu denen mich ein Aufsatz des Hrn. C. H. Pfaff veranlaßt, der sich im LIII. Bande von Poggendorff's Annalen, S. 309, befindet. Herr Pfaff glaubt nämlich durch Versuche bewiesen zu haben, daß der Elektromagnetismus hohler Eisenstangen in einem höheren Verhältnisse wachse, als dem des einfachen der Masse, und glaubt die Abweichung des von Lenz und mir gefundenen Gesetzes durch seine Versuche gerechtfertigt. Dieses scheint mir nun keinesweges der Fall zu seyn, da, wie ich bei anderen Gelegenheiten zu bemerken Veranlassung hatte, die Tragkraft der Elektromagnete ein Maafs ist, das über die magnetischen Zustände einer Eisenstange nur die ungewisseste Auskunft zu geben vermag. Lenz und ich, wir hatten bei unseren Versuchen diese Methode immer vermieden oder umgangen, und uns nur ein Mal derselben bedient, um den aus anderen Versuchen entwickelten Satz zu bestätigen, daß die Anziehung der Elektromagnete den Quadraten der magnetisirenden Ströme proportional ist. Auch hier haben wir Anomalien gefunden, die uns indessen nicht zu einer Modification dieses Gesetzes veranlassen durften, weil sie aus den verwickelten und zufälligen Umständen hervorzugehen scheinen, welche das Abreißen und Anlegen des Ankers begleiten. Diese Umstände

haben wir nicht weiter gesucht in Rechnung zu bringen, da die Tragkraft eines Hufeisens zwar als ein ganz interessantes, aber bis jetzt als kein sehr folgenreiches Phänomen erscheint.

In meiner Glasgower Vorlesung (Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXVII S. 225) habe ich einen Auszug aus einer gemeinschaftlichen größeren Arbeit gegeben, die noch nicht hat zum Druck befördert werden können, und welche das Gesetz über allen Zweifel zu erheben scheint, *dafs die unter gleichen Umständen in Eisenstangen von gleicher Länge und ungleicher Dicke entwickelten Quantitäten von Magnetismus sich wie die Durchmesser dieser Stangen verhalten*. Es ist kein Grund vorhanden, warum man nicht vorläufig annehmen könnte, dafs der freie Magnetismus der Endflächen dieser ganzen Quantität des entwickelten Magnetismus proportional seyn sollte, um so mehr, da es diesen Gegenstand experimentell zu prüfen ungemeine Schwierigkeiten hat, zu deren Beseitigung die Methode der Tragkraft am ungeeignetsten seyn möchte. Die Versuche des Herrn Pfaff betreffen übrigens einen andern Gegenstand, nämlich die Tragkraft hohler Elektromagnete von gleicher Länge, gleichem äufseren Durchmesser, aber ungleicher Wanddicke, wobei natürlich die Berührungsflächen zwischen dem Anker und den Endflächen der Eisenstangen immer von verschiedenen Dimensionen waren. Dafs sich der totale entwickelte Magnetismus solcher hohlen Eisenstangen unserem Gesetze gemäß, also ganz gleich verhalten werde, scheint mir, unter der Beschränkung, dafs die Wanddicken nicht zu gering seyn dürfen, nach unseren Versuchen sehr wahrscheinlich zu seyn.

Ich mufs übrigens bei dieser Gelegenheit an den vortrefflichen Aufsatz über *„hohle Elektromagnete“* erinnern, der sich im 1. Bande des *Bulletin scientifique*, p. 121, befindet, und welcher den leider zu früh verstorbenen Prof. Parrot in Dorpat zum Verfasser hat.

Par-

Parrot's Versuche haben vor denen Pfaff's den Vorzug, daß bei ihnen die Berührungsfläche zwischen Anker und Magnet immer gleich groß war, und daß die Zufälligkeiten vermieden waren, welche bei der Combination zweier Stangen unausbleiblich sind; auch kommt Parrot zu dem Schlusse: »daß man bei Elektromagneten von großen Dimensionen eine bedeutende Ersparniß an Metallmasse wird haben können, dadurch, daß man sie hohl macht, indem eine Reduction auf die halbe Masse nur einen Verlust von $\frac{1}{10}$ in der Tragkraft erzeugt, bei einer Reduction auf $\frac{1}{4}$ der Masse nicht volle $\frac{2}{10}$ an Tragkraft verloren gehen, so daß die Masse Eisen, welche einen massiven Magneten darstellt, auf vier hohle Cylinder verwandt, einen drei Mal größeren Effect geben muß etc.«

IV. *Ueber die Frage, ob es wirksame galvanische Ketten ohne primitive chemische Action gebe, und über die Bildung der Eisensäure auf galvanischem Wege;*

von J. C. Poggendorff.

(Aus einer am 8. Nov. in der Academie gehaltenen Vorlesung, mit späteren Zusätzen.)

Unter den verschiedenen Einwürfen, welche man gegen die sogenannte chemische Theorie des Galvanismus erhoben hat, ist unstreitig der wichtigste der, daß die elektromotorische Kraft einer Volta'schen Kette, oder anders gesagt, die, bei Gleichheit des Widerstands, von einer solchen Kette in bestimmter Zeit entwickelte Electricitätsmenge, im Allgemeinen niemals der vor dem Schluß der Kette stattfindenden chemischen Action proportional geht, weder deren Intensität, noch deren Quantität. Man mag schwache oder starke Säure an-

wenden, kleine oder große Metallflächen in dieselbe eintauchen, so zeigt sich doch bei genauerer Untersuchung, daß der Act der Auflösung des positiven Metalls, der aus diesem rein chemischen Angriff hervorgeht, keinen oder einen sehr untergeordneten Einfluß auf die elektromotorische Kraft ausübt.

Aus dieser unbestreitbaren und ganz allgemeinen Thatsache haben die Anhänger der Contacttheorie den einfachen Schluß gezogen, daß die chemische Action, als solche, nicht die erste Ursache der Erregung Volta'scher Ströme seyn könne. Darauf ist von den Gegnern dieser Theorie, welche sich hier nur durch sehr willkürliche Hypothesen zu helfen wissen (z. B. Annahme einer theilweis unmittelbaren Wiedervereinigung der getrennten Elektricitäten, oder Unterscheidung zweierlei chemischen Actionen, von denen bloß eine stromerregend wirke), erwiedert worden, daß, wenngleich im Allgemeinen eine Proportionalität zwischen der primitiven chemischen Action und der elektromotorischen Kraft nicht vorhanden sey, dennoch auch *kein Strom erregt werde, wo diese Action fehlt*.

De la Rive und Faraday haben dieß als allgemeinen Satz hingestellt, und namentlich der Letztere sagt noch in seiner neuesten Abhandlung, er habe ängstlich nach einem Fall vom Gegentheil gesucht, aber keinen finden können.

So allgemein aufgestellt, kann aber diese Behauptung wohl nicht als Ausdruck der Erfahrung angesehen werden. Gewiß unterliegt es keinem Zweifel, daß amalgamirtes Zink, frisch bereitet, in der Lösung eines neutralen Salzes, wie Kochsalz, Glaubersalz, Salpeter u. s. w., besonders wenn sie vorher luftfrei gemacht worden, keine chemische Einwirkung erleidet, und doch entsteht, bei Verbindung mit einem anderen Metall, augenblicklich ein kräftiger Strom, der an elektromotorischer Kraft sogar stärker ist, als der von nichtamalgamirtem Zink, das brausend in Säuren aufgelöst wird. Selbst das nichtamalga-

mirte Zink zeigt, wenn man ihm eine frisch abgefeilte Oberfläche giebt, in solchen neutralen und luftleeren Salzlösungen so wenig Neigung zur Oxydation, daß es noch nach Tagen seinen vollen Metallglanz besitzt. Vom Kadmium, Eisen u. s. w. gilt dasselbe; und dennoch stellt sich auch in diesen Fällen, bei Verbindung mit einem negativeren Metall, sogleich ein lebhafter Strom ein.

Andererseits ist aber nicht zu läugnen, daß es Fälle giebt, wo Mangel an Angriff der Flüssigkeit auf die Metalle der Kette mit gänzlicher oder fast gänzlicher Abwesenheit eines Stroms zusammenfällt. Ein solcher Fall ist z. B. der, wo *Eisen* und *Platin* in *Aetzkalilauge* verknüpft werden; der Strom ist zwar nicht völlig Null (selbst nach Faraday's eigener Erfahrung), aber doch ungemein schwach. Auf diesen Fall haben daher De la Rive und Faraday besonderes Gewicht gelegt, und namentlich ist der letzte Physiker noch neuerlich bemüht gewesen, Beispiele ähnlicher Art in größerer Zahl zu sammeln ¹⁾.

Beide Physiker betrachten derlei Fälle als unübersteigliche Hindernisse für die Contacttheorie, indem sie voraussetzen, diese verlange, daß irgend zwei Metalle, die in der Spannungsreihe weit auseinanderstehen, auch in jeglicher Flüssigkeit eine diesem Abstände entsprechende Stromstärke (oder vielmehr elektromotorische Kraft) entwickeln müssen. Solch eine Einflußlosigkeit der Flüssigkeit ist aber in neuerer Zeit von den einsichtsvolleren Anhängern der Contacttheorie niemals behauptet worden; im Gegentheil nehmen diese, gestützt auf Thatsachen, noch Einwirkungen der Flüssigkeiten an, welche die Widersacher dieser Theorie außer Acht lassen, und die, im gewöhnlichen Sinne, nicht den chemischen Actionen beizuzählen sind, da sie nachweisbar nicht vom Act einer Vereinigung oder Trennung der Körperteilchen begleitet werden. Wir erinnern nur an die

1) Ann. Bd. LII S. 163 und 547.

von Fechner sowohl galvanometrisch als elektroskopisch nachgewiesenen Veränderungen des Platins in einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd ¹⁾).

Durch solche Veränderungen der Metalle lassen sich ungezwungen alle die Fälle erklären, wo, bei mangelnder chemischer Action, auch der Strom ausbleibt; ja es ist mehr als wahrscheinlich, wie Fechner meint, daß der directe chemische Angriff der Flüssigkeit auf das *positive* Metall der Kette nur in sofern den Strom nicht erregt, sondern gestattet, als er durch Weglösen, d. h. stetes Erneuen, der metallischen Oberfläche jene räthselhaften Veränderungen, welche das Auftreten des Stromes unterdrücken, hindert oder vernichtet, gleichwie in der gewöhnlichen Zink-Eisen-Kette der Angriff der Säure (Schwefelsäure) auf das *negative* Metall, d. h. das Eisen, verhütet, daß an diesem die sogenannte Polarisation sich so stark wie am Kupfer ausbilden kann, und somit (wenigstens im Verein mit der ebenfalls dadurch herbeigeführten Schwächung des Uebergangswiderstandes) zur Ursache wird, daß der Strom dieser Kette unter den gewöhnlichen Umständen den einer aus Zink und Kupfer mit derselben Säure gebildeten bedeutend übertrifft ²⁾).

Der Anhänger der Contacttheorie braucht also den Einfluß der chemischen Action auf das Erscheinen des Stromes nicht zu läugnen, aber er wird ihr immer nur einen secundären Antheil daran zugestehen; er wird das

1) Ann. Bd. XXXXVII S. 21.

2) Auf ähnliche Weise erklärt De la Rive die grössere Stromstärke der Zink-Eisen-Kette (*Biblioth. univers, N. S. T. XXVI p. 196*). Wenn indess der Act der Auflösung eines Metalls eine so maafslose Quelle von Elektricität wäre, wie dieser Physiker anderweitig annimmt, so müßte doch, sollte man meinen, das Eisen einen schwächeren Strom geben als das Kupfer, da dieses von der Schwefelsäure nicht angegriffen wird, also, im Sinne der chemischen Theorie gesprochen, der am Zink entwickelten Elektricität nicht entgegenwirkt.

Ausbleiben des Stromes in Fällen der bezeichneten Art *nicht der Wirkungslosigkeit*, sondern einer *eigenthümlichen hemmenden Wirkung* der Flüssigkeit zuschreiben.

Jene Veränderungen von noch unbekannter Art, welche in Aetzkallilauge die elektrische Differenz zwischen Eisen und Platin so gut wie völlig aufheben, sind zum Theil schon von Fechner nachgewiesen ¹⁾).

Einen fernerer Beweis für das Daseyn derselben sehe ich in dem Umstand, daß, wenn man durch eine solche Kette den Strom einer andern Kette, z. B. einer Grove'schen, leitet, und zwar so, daß der Sauerstoff des zersetzten Wassers zum Eisen geführt wird, dieser sich (abgerechnet in dem weiterhin beschriebenen eigenthümlichen Fall) nicht mit dem Eisen verbindet, sondern gasförmig an demselben entweicht.

Dasselbe ist der Fall bei einer aus Eisen, Silber und starker Lösung von salpetersaurem Silberoxyd gebildeten Kette, einer Kette, die gleichfalls keine primitive chemische Action und keinen Strom darbietet. Auch hier bewirkt ein durchgeleiteter elektrischer Strom keine Oxydation oder Auflösung des Eisens; vielmehr wird an diesem der Sauerstoff gasförmig entwickelt, und zugleich, wenn der Strom hinlänglich stark ist, Silberhyperoxyd ausgeschieden ²⁾); während eine Silberplatte, statt dieses Eisens genommen, unter denselben Umständen sich oxydirt und auflöst. Das sonst so leicht oxydirbare Eisen ist es hier also weniger als das Silber; es befindet sich demnach

1) Ann. Bd. XXXXVIII S. 267.

2) Die Ausscheidung dieses Hyperoxydes am Eisen würde sehr anomal seyn, wenn sie eine primäre wäre. Vielleicht ist sie indess nur eine secundäre, und geschieht so, daß das Eisen durch den elektrischen Strom aus den passiven Zustand in den activen versetzt wird, als activ durch rein chemische Wirkung etwas Silber auf sich fällt, welches sich nun gleich, unter Einwirkung des Stromes, zu Hyperoxyd oxydirt. Doch ist das Dickerwerden dieser Oxydschicht hienach nicht wohl einzusehen.

in einem der Zustände, die man neuerdings mit dem Namen *passiv* belegt hat ¹).

Obgleich nach diesen Erfahrungen die Wirkungslosigkeit einer Kette aus Eisen, Platin und Aetzlauge nicht mehr auffallend sein kann, so schien es mir doch möglich, daß die eigenthümliche Wirkung des Aetzkalis, welcher nach der Contacttheorie die Abwesenheit, oder richtiger, die große Schwäche des Stromes zugeschrieben werden muß ²), mehr das Platin, als das Eisen treffe, mithin ein kräftigerer Strom entstehen werde, wenn man diese Wirkung vom Platin abhalte.

Deingemäfs füllte ich ein poröses Thongefäß mit Salpetersäure von 1,33 spec. Gew. und stellte es in Kalilauge (1 Gwth. Kali mit 4 Gwth. Wasser), tauchte darauf das Platin in die Säure und das Eisen in das Alkali. Als ich nun die Metalle mit der Sinusbusssole ver-

- 1) Der Mangel eines chemischen Angriffs der Flüssigkeit auf ein Metall bedingt übrigens bei diesem nicht immer einen solchen passiven Zustand. So z. B. ist *Kupfer* mit recht blanker Oberfläche unlöslich in verdünnter Schwefelsäure. Bildet man nun, mit Hülfe eines porösen Thongefäßes, eine Kette aus *Kupfer*, in Schwefelsäure, und *Platin*, in Salpetersäure, so erhält man einen sehr starken Strom, dessen Kraft, zufolge einiger von mir gemachten Messungen, je nach dem Concentrationsgrade der Säuren, von 10,22 bis 12,51 gehen kann (während die einer analogen Grove'schen Kette von 23,99 bis 28,76 geht). Hiebei wird der Sauerstoff des zersetzten Wassers zum Kupfer geführt, aber er entweicht, trotz das Metall in der Säure unlöslich ist, nicht gasförmig an demselben, sondern verbindet sich mit ihm, oxydirt es. Sonderbarerweise wird hiebei weit mehr Oxyd gebildet, als die Säure während der Zeit auflösen kann. Die Säure färbt sich daher nur schwach blau, während das Metall sich mit einer Oxydschicht bekleidet, die, wenn sie eine gewisse Dicke erreicht hat, sich in Schuppen ablöst, um einer neuen Schicht Platz zu machen. So häuft sich dann mit der Zeit unter der Platte, am Boden des Gefäßes, eine ganz beträchtliche Menge Kupferoxyds an.
- 2) In der That erhält man mit Platin und Eisen in Aetzkallilauge immer einen Strom, besonders wenn das Platin zuvor ausgeglüht worden; nur ist er sehr schwach, und verliert selbst diese geringe Stärke schon nach kurzer Zeit.

band, erhielt ich einen Strom, der mindestens 50 Mal stärker war, als im Fall die beiden Metalle in der Kalilauge standen, und doch erlitt das Eisen, so wenig wie im früheren Fall, einen chemischen Angriff von der Flüssigkeit.

Die Gegner der Contacttheorie pflegen dergleichen Fälle von Stromerregung durch eine chemische Wirkung der Flüssigkeiten auf einander zu erklären. Diese Erklärung ist indeß rein hypothetisch; denn wiewohl es nicht geläugnet werden kann, und noch aus den neueren Versuchen von Fechner hervorgeht ¹⁾, daß Flüssigkeiten elektromotorisch auf einander wirken, so ist doch gar nicht bewiesen, daß diese Wirkung aus dem Act der chemischen Verbindung entspringe; sie kann eben sowohl eine Folge des bloßen Contactes seyn.

Es sprechen dafür dieselben Gründe, welche schon bei der Wirkung zwischen Metallen und Flüssigkeiten angeführt wurden: die elektromotorische Kraft, welche zum Vorschein kommt, ist ganz unabhängig von der Gröfse der Berührungsfläche, d. h. von der Menge der sich vereinigenden Flüssigkeiten, und eben so wenig steht sie in einem directen Zusammenhange mit der Intensität der chemischen Verwandtschaft beider Flüssigkeiten, so weit wir diese Verwandtschafts-Intensität beurtheilen können ²⁾. Man wird gezwungen, auch hier gerade so viel der erregten Elektricität unmittelbar wieder verschwinden zu lassen, oder so viel locale Action zu creiren, als nöthig ist, um die Erfahrung mit der Theorie in Einklang zu bringen.

Indeß ist es Thatsache, daß Flüssigkeiten elektromotorisch auf einander wirken, und so kann denn auch in dem erwähnten Fall, wo *Eisen*, in *Kalilauge*, und *Platin*, in *Salpetersäure*, mit einander in Berührung stehen, ein Theil des Stroms aus dieser Quelle entspringen.

1) Ann. Bd. XXXXVIII S. 1 und 225.

2) Ebendasselbst, S. 259.

Es kommt nur darauf an, zu zeigen, daß *nicht* das *Ganze*, sondern bloß ein *Theil* des Stromes diesen Ursprung haben könne.

Einen directen und recht entscheidenden Beweis davon zu geben, ist für jetzt unmöglich, da man keine Methoden besitzt, die elektromotorische Kraft, die sich in Berührung zweier Flüssigkeiten entwickelt, numerisch zu bestimmen.

Das von Fechner angewandte Verfahren kann nur dazu dienen, das Daseyn einer solchen Kraft nachzuweisen, nicht aber die Größe derselben zu messen ¹⁾.

Es werden nämlich dazu immer drei Flüssigkeiten *a*, *b*, *c* erfordert, die in der Ordnung *a*, *b*, *c*, *a* einander berühren. Der Strom, den man durch Eintauchung zweier Platinplatten in die beiden äußeren, mit *a* gefüllten Gefäße erhält, ist demnach das Resultat *dreier* elektromotorischen Kräfte, nämlich zwischen *a* und *b*, *b* und *c*, und *c* und *a*.

Daher machen es denn Fechner's Versuche auch bloß wahrscheinlich, nicht gewiß, daß Kalilauge und Salpetersäure bei gegenseitiger Berührung nur eine geringe elektromotorische Kraft entwickeln.

Ein besserer Beweis, daß bei der erwähnten *Eisen-Platin*-Kette wenigstens nicht das Ganze der Kraft aus der wechselseitigen Berührung der Flüssigkeiten entspringe, schien mir, müsse hervorgehen, wenn das *Eisen* in der Kalilauge gegen eine *zweite Platinplatte* vertauscht werde.

Eisen und *Platin* werden beide nicht direct von Kalilauge angegriffen. Wenn also in den erwähnten Fällen, der *Strom* oder, genauer genommen, die *elektromotorische Kraft*, bloß aus der gegenseitigen Berührung der Kalilauge und Salpetersäure entsteht, so scheint es, dürfe es keinen Unterschied machen, ob man Eisen oder Platin in die Lauge tauche.

Allein die Erfahrung lehrt das Gegentheil. — Bei

1) Ann. Bd. XXXXVIII S. 5.

Anwendung von *Eisen* ist der *Strom*, wie die *elektromotorische Kraft*, bedeutend *stärker* als bei Anwendung von *Platin*.

Ich habe diese merkwürdige Thatsache auf verschiedene Weise festzustellen gesucht, und halte mich vollkommen von deren Richtigkeit überzeugt.

In Betreff der Stromstärke hat der Nachweis derselben sogar nicht die mindeste Schwierigkeit, da sich schon, ohne alle genauere Messung, aus dem bloßen Anblick der Ablenkung der Magnethadel ergibt, daß hier das Eisen ein kräftiger positives Metall als das Platin ist.

Allein bei der Bestimmung der elektromotorischen Kraft tritt ein Umstand störend ein, der schon in so vielen Fällen die Beweisführung erschwert, schon zu so manchen irrigen Folgerungen geführt hat.

Der Strom der erwähnten beiden Ketten ist nämlich, ungeachtet die negative Platte derselben in starker Salpetersäure steht, also vor der Polarisation geschützt bleibt, kein constanter, sondern ein abnehmender; und er nimmt bei der Becquerel'schen, oder *Platin-Platin-Kette* bei weitem rascher ab als bei der *Eisen-Platin-Kette*.

Gewöhnlich wird die Abnahme der Stromstärke in dergleichen Fällen aus der eintretenden Vermischung beider Flüssigkeiten erklärt. Diese Erklärung mag, wenn man die Flüssigkeiten durch eine sehr dünne, leicht durchdringliche Scheidewand, z. B. thierische Blase, trennt, richtig seyn; allein, wenn man zu dieser Trennung ein poröses Thongefäß von gehöriger Beschaffenheit anwendet, ist sie bestimmt unrichtig. Als ich bei denselben Flüssigkeiten, welche mir mit zwei Platinplatten einen sehr rasch abnehmenden Strom gegeben hatten, das *Platin* in dem *Kali* schnell durch *Eisen* ersetzte, erhielt ich sogleich einen bei weitem beständigeren Strom, dessen

langsame Abnahme innerhalb einer Stunde keinen rascheren Gang erlangte.

Es ist also klar, daß bei zweckmäßiger Einrichtung des Apparats die Abnahme des Stromes dieser Ketten, wenigstens innerhalb der ersten Stunde, nicht aus der erfolgenden Vermischung der Flüssigkeiten hervorgeht, sondern einen andern Grund haben muß.

Eine genauere Untersuchung hat mich gelehrt, daß jene Abnahme eine doppelte Ursache hat, nämlich erstens, eine zum Theil bereits von Fechner nachgewiesene, eigenthümliche, im gewöhnlichen Sinn nicht chemisch zu nennende, Einwirkung, welche die Kalilauge schon für sich, also vor dem Schluß der Kette, sowohl auf das Platin wie auf das Eisen ausübt; und zweitens die sogenannte Polarisation oder die Einwirkung, welche die positive Platte aus jenen Metallen nach dem Schluß der Kette durch den Strom erfährt. Beide Wirkungen, welche vereint vielleicht noch einen fördernden Einfluß auf einander ausüben, sind beim Platin stärker als beim Eisen, und sie haben zur Folge, daß der Strom beider Ketten nicht nur unbeständig ist, sondern auch von vorn herein außerordentlich viel schwächer als er ohne diese Hemmnisse seyn würde.

Hievon habe ich mich durch eine Prüfung mittelst der früher (S. 161 dieses Bandes) beschriebenen Compensationsmethoden überzeugt, deren Resultate ich hier, schon als Beispiel der Anwendung dieser Methoden, näher mitzutheilen für gut halte.

Die compensirende Kette war eine Grove'sche, deren amalgamirte Zinkplatte in Schwefelsäure (1 Gwth. concentrirter und 9 Gwth. Wasser), und deren Platinplatte in Salpetersäure von 1,33 stand. Beide Säuren durch ein poröses Thongefäß getrennt, waren am Tage zuvor schon zu einem ähnlichen Versuch gebraucht, da dieß hier keinen störenden Einfluß hatte. Die, 1 Zoll breiten, Platten tauchten etwa 2,5 Zoll tief in die Flüssigkeiten

und standen 0,75 Zoll auseinander, so, daß die Thonwand sich in der Mitte dieses Abstandes befand. Nachdem sie zu den Compensationen gedient hatte, ergab die Messung ihrer Stromstärke, mittelst der Sinusbusssole, folgende Resultate:

Ablenkung	bei Widerstand des Schließdrahts.
49° 53'	26'',27 Neusilber von $\frac{1}{6}$ '' Durchm.
35° 36'	36'',27

woraus:

$$\begin{aligned} \text{elektromot. Kraft} & k' = 24,379 \\ \text{Widerstand} & w = 5,61. \end{aligned}$$

Vor den Compensationen, etwa zwei Stunden früher, betrug bei 26'',27 Widerstand die Ablenkung 49° 46'; also besaß der Strom dieser Kette einen sehr bedeutenden Grad von Constanz.

Die inconstante Kette hatte ihre negative (Platin-) Platte in Salpetersäure von 1,33, und ihre positive Platte (erstlich eine von Platin, dann eine von Schmiedeisen) in Kalilösung (1 Gwth. sehr reinen Kalis und 6 Gwth. Wasser). Die in dieser Lösung stehende Platinplatte war zuvor mit Smirgel und Salpetersäure abgescheuert, dann in destillirtem Wasser abgespült und über der Weingeistlampe ausgeglüht. Die Eisenplatte war mit Sand und Salzsäure gescheuert, dann in Wasser abgespült, zwischen Fließpapier getrocknet, und darauf trocken noch mit Sandpapier abgerieben.

Die Compensationen wurden in doppelter Weise nach den beiden, S. 181 und 186, beschriebenen Methoden ausgeführt. Die positive Platte der inconstanten Kette war verbunden mit der positiven Platte der constanten Kette durch einen Neusilberdraht (den Draht α in der Zeichnung S. 181) von 40,83 Zoll Länge und $\frac{1}{6}$ Lin. Durchmesser. Es war also $r' = 40,83 + w = 46,44$. Somit ergaben sich folgende Resultate:

Platin-Platin-Kette.

Zeit.	r .	a .	$r \cdot \sin \alpha$.	$\frac{r}{r+r'} k'$.
10 ^h 50'	36,27	17° 10'	10,71	10,69
11 10	27,27	19 16	9,00	9,02.

Eisen-Platin-Kette.

11 ^h 35'	222,27	5° 19'	20,59	20,17
46	206,27	5 41	20,43	19,90
55	198,27	5 53	20,32	19,75.

Die Zahlen der beiden letzten Kolumnen sind die Werthe der elektromotorischen Kräfte der beiden inconstanten Ketten, wie sie aus der zweifachen Bestimmung hervorgehen ¹⁾. Aus diesen Zahlen erhellt:

1) Dafs die Kräfte dieser Ketten, auch abgesehen von der Wirkung, welche sie bei eintretendem Strome in Folge der sogenannten Polarisation erleiden (einer Wirkung, die allein durch die Compensationsmethoden verhütet werden kann und soll), keine constanten Gröfsen sind, sondern abnehmende, so lange die Kalilauge auf die positiven Platten einwirkt.

2) Dafs die Abnahme der Kraft bei der Platin-Platin-Kette bedeutend schneller erfolgt als bei der Eisen-Platin-Kette. Erstere sank innerhalb 20 Minuten (innerhalb welcher die Kette nicht geschlossen war) von 10,71 auf 9,00, verlor also fast 16 Proc. ihres anfänglichen Werths;

1) Zum näheren Verständniß dieser und ähnlicher Zahlen, durch welche in vorliegender Abhandlung die elektromotorischen Kräfte ausgedrückt sind, mag hier gesagt seyn, dafs wenn die Widerstände, gemessen in Zollen Neusilberdraht von $\frac{1}{8}$ Lin. Durchmesser, einen gleichen Werth wie die elektromotorischen Kräfte erhielten, die Stromstärken also = 1 würden, diese alsdann eine solche Gröfse hätten, dafs sie durch Wasserzersetzung 14,54 Kubikcentimeter Knallgas bei 0° und 0^m,76 liefern würden. Mehres hierüber in der Folge, da es sich hier im Grunde nur um die Verhältnisse der elektromotorischen Kräfte handelt.

letztere dagegen kam in derselben Zeit von 20,59 auf 20,32 herab, verlor also nur 1,3 Proc.

Diese Abnahme der Kraft in der Zwischenzeit hat mich abgehalten die Compensationen mit der letzten Genauigkeit vorzunehmen ¹⁾, und daraus hat man die Unterschiede herzuleiten, die sich zwischen den nach beiden Methoden erhaltenen Resultaten vorfinden. Dennoch sind diese Unterschiede immer gering genug, um einerseits die Zuverlässigkeit der Compensationsmethoden zu bewähren und andererseits den Hauptschluss zu rechtfertigen:

3) *Dafs die elektromotorische Kraft der Eisen-Platin-Kette wenigstens doppelt so stark ist als die der Platin-Platin-Kette, ungeachtet beide Metalle, Eisen und Platin, von der Kalilauge keinen chemischen Angriff im gewöhnlichen Sinne erfahren* ²⁾.

Die Kraft der Eisen-Platin-Kette ist nicht nur relativ, in Bezug auf die der Platin-Platin-Kette, sondern auch absolut genommen eine sehr bedeutende; denn wie man sieht, beträgt sie etwa vier Fünftel der Kraft einer sehr guten Grove'schen Kette. Sie kann sogar noch

1) Der Draht, welcher den Widerstand r gewährte, wurde für die Eisen-Platin-Kette wegen seiner grossen Länge nur in ganzen Zollen gemessen, und der Zeitpunkt abgewartet, wo für diese Länge des Drahts, bei momentaner Schliessung der inconstanten Kette, ein Gleichgewicht zwischen dieser und der constanten Kette eintrat. Dasselbe Verfahren wurde bei der Platin-Platin-Kette befolgt, nur wegen der grösseren Kürze des Drahts mit erhöhter Sorgfalt. Dies wird erklären, weshalb bei allen Angaben des Widerstands r die Decimalen 27 vorkommen. Jener Widerstand ist nämlich zusammengesetzt aus dem (in ganzen Zollen genommenen) Draht des Widerstandsmessers und dem Draht der Sinusbusssole, der, in Neusilberdraht von $\frac{1}{8}$ Lin. Durchmesser ausgedrückt, gleich 6,27 war.

2) Das Uebergewicht der Eisenkette ist noch grösser als angegeben, wenn man die positive Platinplatte nicht zuvor ausglüht. Mit einer ungeglühten Platte fand ich die Kraft der Platin-Platin-Kette nur = 5,53. Auf die negative, in Salpetersäure stehende Platinplatte hat das Glühen keinen Einfluss.

größer seyn, als sie nach obigen Messungen ist, denn diese Messungen geben nicht ihren anfänglichen Werth. In den ersten Minuten nach der Eintauchung des Eisens in die Kalilauge war nämlich die Kraft so stark, daß für den Widerstand r eine größere Drahtlänge erforderlich war, als der angewandte Widerstandsmesser ¹⁾ darbieten konnte. Es mußte daher mit der Messung gewartet werden, bis die Kraft auf eine zu messende Größe herabgesunken war. Das Gesagte bestätigte sich durch eine andere Reihe von Compensationen, bei welchen eine kräftigere Grove'sche Kette (deren $k' = 27,55$) angewandt wurde, und (weil nun die Drahtlänge des Widerstandsmessers zur Messung von r ausreichte) die Anfangswerthe der Kraft der Eisen-Kette beobachtet werden konnten. Sie ergaben sich successiv $= 22,61$ und $21,93$.

Diese hohe elektromotorische Kraft, welche die *Eisen-Platin-Kette* besitzt, bevor ihr Strom in Wirksamkeit tritt, besonders, wenn das Eisen erst frisch in Kalilauge gestellt ist, steht im sonderbaren Widerspruch mit derjenigen Kraft, die sie nach eingetretenem Strome, selbst kurze Zeit nach dem Schluß der Kette, zeigt. Diese beträgt nicht viel mehr als ein Viertel von jener.

Eine Messung, unternommen nach der Ohm'schen Methode, die freilich wegen der Unbeständigkeit des Stroms keine ganz genauen Resultate liefern konnte, doch aber wegen der langsamen Abnahme der Stromstärke wenigstens zu sehr angenäherten Werthen führen mußte, gab:

Ablenkung	bei Widerstand.
8° 15'	26,27
5 25	46,27

also die elektromotorische Kraft $= 5,52$.

Das Eisen stand hierbei in einer Lösung von 1 Th.

1) Annal. Bd. LII S. 511.

Kali in 6 Th. Wasser, wie zuvor. Eine frühere Messung, bei welcher diese Lösung 1 Th. Kali auf 4 Th. Wasser enthielt, die Stromstärke vielleicht sich auch auf einer anderen Stufe befand, gab für die elektromotorische Kraft die Zahl $=6,87$.

Beide Werthe bleiben, wie man sieht, weit unter dem, welchen man findet, wenn die Polarisation ausgeschlossen wird, und sie zeigen daher auf eine lehrreiche Weise, wie wenig man, bei einer inconstanten Kette, aus der gemessenen Stromstärke oder der während des Stroms bestimmten elektromotorischen Kraft auf die ursprüngliche Kraft und deren Quelle einen sicheren Schluss zu ziehen vermag.

Dieselbe Erscheinung zeigt übrigens auch die *Platin-Platin-Kette*. Auch bei ihr ist die elektromotorische Kraft nach eingetretenem Strom ungleich schwächer als vor Eintritt desselben. Die durch die Polarisation geschwächte Kraft ist zwar im Verhältniß zu der ursprünglichen etwas größer als bei der Eisen-Platin-Kette; allein dennoch beträgt sie kaum die Hälfte von der geschwächten Kraft der letzteren Kette, so daß das Verhältniß der elektromotorischen Kräfte beider Ketten, vor oder nach Eintritt des Stroms, in der Hauptsache dasselbe bleibt.

Immer entwickelt das Eisen eine beinahe doppelt so große elektromotische Kraft als das Platin, ungeachtet weder das eine noch das andere dieser Metalle eine eigentlich chemische Einwirkung abseits der Kalilauge erfährt. — Gewiß wird diese Erscheinung ein schwer zu lösendes Räthsel bleiben für eine Theorie, welche die Verschiedenartigkeit der physikalischen Natur der Metalle ganz außer Acht läßt, für welche alle Metalle gleich sind, und gleich seyn müssen, sobald sie nur von der Flüssigkeit keinen oder einen gleichen chemischen Angriff erfahren.

Die eben mitgetheilten Resultate zeigen gewifs zur Genüge, dafs, bei den mit Kalilösung und Salpetersäure (so wie überhaupt mit zwei, gegen die eingetauchten Metalle chemisch indifferenten Flüssigkeiten) construirten Ketten, nur ein Theil, und zwar der kleinere Theil der erregten Elektricität aus der gegenseitigen Einwirkung dieser Flüssigkeiten herzuleiten ist. Denn angenommen, die Kraft der *Platin-Platin-Kette* entspränge ganz aus dieser Quelle, so würde doch das, um was diese Kraft von der der *Eisen-Platin-Kette* übertroffen wird, nicht auf diese Ursache zurückzuführen seyn; allein selbst bei der ersteren Kette kann die Kraft nur zum Theil aus jener Quelle stammen (dafür sprechen schon die allmäligen Veränderungen der Kraft, die, wie gezeigt, nicht aus der langsamen Vermischung der Flüssigkeiten erfolgen), und sogar von diesem Theil ist es nicht erwiesen, dafs er seine Entstehung dem Act der chemischen Verbindung der Flüssigkeiten verdanke. Mit hin wird man immer, selbst wenn man der chemischen Action einen directen Antheil an der Erregung Volta'scher Ströme zugestehen will, noch, neben dieser, eine von ihr unabhängige Ursache dieser Ströme zulassen müssen, die, mindestens in vielen Fällen, eben so mächtig ist als die chemische Action!

Die obigen Thatfachen geben übrigens von dem eingangs dieser Abhandlung erwähnten Satz, dafs die elektromotorische Kraft einer Volta'schen Kraft dem primitiven chemischen Angriff der Flüssigkeit auf das positive Metall nicht proportional gehe, neue Bestätigungen, besonders wenn man sie mit einigen anderen von mir gemachten Betrachtungen vergleicht.

Messungen der elektromotorischen Kräfte von Ketten aus *Zink-Platin* oder *Eisen-Platin* mit zwei Säuren in verschiedenen Concentrationsgraden, nach der Ohm'schen Methode unternommen, da diese Ketten sehr constante Ströme liefern, gaben mir folgende Resultate:

Schwe-

S ä u r e n .

Elektromoto-
rische Kraft.(WV bedeutet die Gewichtsmenge Wasser, mit der 1
Gwth. concentrirter Schwefelsäure verdünnt war.)Zink- | Eisen-
Platin. | Platin.

Schwefelsäure + 4 W. u. rauchende Salpeters.	28,76	19,21
Schwefelsäure + 4 W. u. Salpeters. von 1,33	26,61	18,29
- - + 12 W. - - - 1,33	25,44	17,57
- - + 4 W. - - - 1,19	24,73	17,01
- - + 12 W. - - - 1,19	23,99	16,84

Vergleicht man nun mit den Zahlen der letzten Spalte die Resultate, welche für die Kette aus *Eisen*, in *Kalilauge*, und *Platin*, in *Salpetersäure*, erhalten wurden, so sieht man, daß die elektromotorische Kraft dieser letzteren Kette größer war, als die jeder der Ketten, bei welchen das Eisen in Schwefelsäure stand, also eine chemische Auflösung erfuhr.

Wohl gemerkt gilt das nur von der Kraft der Kalkette, bevor man ihrem Strom freien Lauf läßt; nachher ist sie, wie angeführt, wegen der eintretenden Polarisation, die durch den Mangel eines Angriffs von Seiten des Alkali auf das Eisen veranlaßt oder begünstigt wird, bei weitem geringer als bei denjenigen Ketten, wo Säure auf das Eisen auflösend wirkt.

Anders verhält es sich mit der analogen Zink-Kette. Eine Kette aus amalg. *Zink*, in *Kalilauge* (1 Th. Kali und 4 Th. Wasser), und *Platin*, in *Salpetersäure* von 1,33, besitzt eine Kraft = 34,9, also eine Kraft, die fast ein *Viertel stärker ist als die der stärksten, bisher dargestellten Kette*, d. h. der mit rother rauchender Salpetersäure construirten Grove'schen. Diese Kraft zeigt sie nach eingetretenem Strome, und zwar mit großer Constanz, so daß diese Kette sogar in practischer Hinsicht Beachtung finden könnte (zumal man das Zink nicht gerade zu amalgamiren braucht), wenn nicht andererseits die Kalilauge zu kostbar wäre, und die Thongefäße durch den in ihren Poren sich bildenden und krystallisirenden

Salpeter zu schnell zertrümmert würden. Und doch wird das Zink von der Kalilauge bei weitem weniger angegriffen als von der Schwefelsäure!

Zum Schluss dieses Abschnitts noch eine Bemerkung. Ich habe mehrmals gesagt, dass wir durch keine Thatsachen berechtigt sind, die Wirksamkeit der Ketten, welche aus *Kalilösung*, *Salpetersäure* und einem oder zwei von diesen Flüssigkeiten nicht aufgelöst werdenden Metallen gebildet sind, von dem Act der Verbindung des Alkalis mit der Säure abzuleiten. Einen, wie ich glaube, sprechenden Beweis für diese Behauptung liefern ähnliche Ketten, in denen die Salpetersäure durch *Schwefelsäure* ersetzt ist. Die Schwefelsäure hat, nach allgemeiner Annahme, eine gröfsere Verwandtschaft zum Kali als die Salpetersäure. Wenn also der Act der chemischen Verbindung zwischen Kali und Säure die Ursache des Stromes wäre, so müfste, sollte man meinen, die mit Schwefelsäure construirte Kette eine gröfsere elektromotorische Kraft entwickeln als die mit Salpetersäure.

Das ist aber keineswegs der Fall. Davon habe ich mich durch directe Messung der elektromotorischen Kräfte nach der Compensationsmethode auf's Bestimmteste überzeugt, und zwar sowohl für die Combination *Platin-Platin*, als für die *Eisen-Platin*. Beide Platinplatten waren zuvor gereinigt und ausgeglüht. Die Kalilösung, in welche folgeweise eine der Platinplatten und die Eisenplatte gestellt wurde, enthielt ein Siebentel ihres Gewichts Kali, wie vorhin; die Schwefelsäure ein Fünftel ihres Gewichts concentrirter Säure. Beide waren durch ein Thongefäss getrennt. Die compensirende Kette war wiederum eine Grove'sche. Somit ergaben sich folgende Resultate;

Platin - Platin.

$$r = 30,27 ; \alpha = 14^{\circ} 43' ; r \cdot \sin \alpha = 7,690.$$

Eisen-Platin.

$$r=170,27 ; \alpha=5^{\circ} 56' ; r.\sin \alpha=17,601$$

$$r=90,27 ; \alpha=9^{\circ} 1 ; r.\sin \alpha=14,147$$

$$r=86,27 ; \alpha=9^{\circ} 13 ; r.\sin \alpha=13,858.$$

Vergleicht man diese Zahlen mit denen, welche bei den analogen, mit Salpetersäure construirten Ketten gefunden wurden, so sieht man:

1) *dafs die Schwefelsäure, ungeachtet ihrer gröfseren Verwandtschaft zum Kali, mit beiden Metall-Combinationen eine geringere elektromotorische Kraft entwickelt als die Salpetersäure;*

2) *dafs auch hier die Combination Eisen-Platin eine gröfsere elektromotorische Kraft besitzt als die Platin-Platin, ungeachtet das Eisen, so wenig wie das Platin, einen chemischen Angriff von der Kalilauge erleidet.*

Endlich ersieht man aus den verschiedenen Werthen, die für das *Eisen-Platin* angegeben sind, dafs, auch in diesem Fall, die Metalle eine von der Polarisaton unabhängige (im gewöhnlichen Sinn nicht chemisch zu nennende) Einwirkung, abseiten der Flüssigkeiten erleiden, welche die elektromotorische Kraft schwächt, desto mehr, je länger sie dauert. Zu *dieser* Einwirkung tritt nun noch, wenn man dem Strome der Kette freien Lauf läfst, die Polarisaton hinzu, welche, bei Anwendung von Schwefelsäure, sich auf beide Platten der Kette wirft, und dadurch den Strom so schwächt, dafs dessen Existenz, bei Anwendung dieser Säure, sogar von einigen Physikern bezweifelt worden ist.

Bildung der Eisensäure auf galvanischem Wege.

Die eben beschriebenen Versuche haben mir noch Gelegenheit gegeben, eine Thatsache zu beobachten, die in physikalischer und chemischer Hinsicht von gleichem Interesse ist.

Das zu diesen Versuchen angewandte *Eisen* war *Schmiedeeisen*, Eisenblech von der besten Qualität. Ein solches Eisen, in Kalilauge gestellt und mit dem in Salpetersäure stehenden *Platin* verknüpft, giebt Sauerstoffgas, ohne dafs, wie schon bemerkt, eine Oxydation an demselben stattfindet.

Dasselbe ist der Fall mit *Graphit*, *Platin*, *Palladium*, *Gold*, *Nickel*, *Kobalt* und *Zinn*, wenn sie statt des Eisens genommen werden.

Auch *Silber*, *Kupfer*, *Antimon*, *Wismuth*, *Blei*, *Kadmium*, und was gewifs merkwürdig ist, selbst *Zink*, liefern Sauerstoffgas; aber neben dieser Gasentwicklung findet noch eine sichtbare Oxydation, ein Anlaufen der Metalle statt.

Besonders auffallend ist diese Erscheinung beim *Silber* und *Blei*. Beide Metalle bekleiden sich rasch mit einem schwarzen Ueberzug (beim Silber wahrscheinlich aus Hyperoxyd bestehend), und erst nachdem dieser Ueberzug sich gebildet hat, tritt die Sauerstoffentwicklung ein.

Ganz anders, wie alle die eben genannten Metalle, verhält sich aber das *Gufseisen*, welches ich zufällig gerade zuerst zu meinen Versuchen genommen hatte.

Das Gufseisen hüllt sich sogleich in eine schön weinrothe Atmosphäre ein, die sich in dunklen Wolken durch die ganze Flüssigkeit verbreitet, und diese nach kurzer Zeit so tief färbt, dafs sie fast schwarz erscheint, und die schöne Medocfarbe nur noch an den Rändern beim Durchsehen nach einem hellen Gegenstand erblicken läfst. Auf die Concentration der Kalilauge kommt es hiebei wenig an; sehr schön erhielt ich die Erscheinung bei einer Lösung von 1 Gwth. Kalihydrat in 4 Gwth. destillirten Wassers.

Wenn man die Kalilauge absondert und genau betrachtet, so bemerkt man ein schwaches Petilliren in sehr kleinen Bläschen, und zugleich verändert die Flüs-

sigkeit ihre Farbe. Sie wird braunroth, trübe, und nach einiger Zeit, manchmal nach einer halben Stunde, hat sie sich ganz entfärbt, während auf den Boden ein brauner Niederschlag abgesetzt ist.

Diese Veränderung wird nicht durch den elektrischen Strom verhütet, denn sie tritt schon ein, während noch das Eisen mit dem Platin zur Kette geschlossen ist. Sehr rasch, sogar augenblicklich, erfolgt sie dagegen, so wie man die Kalilauge bis zum Sieden erhitzt. Eben so wird die rothe Flüssigkeit durch eine hineingestellte Zinkplatte nach kurzer Zeit vollständig entfärbt.

Anfänglich war ich geneigt die obige Erscheinung auf Rechnung eines Mangangehalts des Eisens zu setzen; allein eine nähere Betrachtung der Umstände und besonders eine chemische Untersuchung des mit der Zeit sich absetzenden braunen Niederschlags, die nichts als Eisen-oxyd darin erkennen liefs, gab die Ueberzeugung, dafs die Färbung der Flüssigkeit nur von *Eisensäure* oder vielmehr von *eisensaurem Kali* herrühren konnte ¹).

Die Bildung der Eisensäure unter diesen Umständen ist wohl leicht zu erklären; man mufs sie auf Rechnung der sogenannten praedisponirenden Verwandtschaft setzen, die hier, unter Einflufs des elektrischen Stromes, den Sauerstoff entweder unmittelbar mit dem Eisen verbindet, da hier der entstehenden Säure sogleich Kali dargeboten wird, oder zuvörderst *Kaliumhyperoxyd* bildet, und durch dieses die Erzeugung des eisensauren Kali vermittelt ²).

Dennoch aber bleibt der Procefs in doppelter Rücksicht recht interessant, einmal weil sich hier auf galvanischem Wege eine Säure mit so grofser Leichtigkeit bildet, die Frémy, ihr Entdecker, und andere Chemi-

1) Manganhyperoxyd (Graubraunsteinerz), statt des Eisens genommen, entwickelt in der Hauptsache auch nichts als Sauerstoffgas. Erst nach längerer Zeit bemerkt man in der Kalilauge vereinzelt einen schwach gefärbten Faden, aber nicht von rother, sondern von grüner Farbe.

2) Dafür möchte sprechen, dafs man mit Ammoniak keine Eisensäure bekommt.

ker durch rein chemische Mittel bisher nur höchst schwierig haben darstellen können, — und dann, weil sie nur mit Gufseisen, nicht mit Schmiedeseisen, entsteht.

Dieser letzte Umstand ist gewifs sehr räthselhaft. Ich habe mannigfaltige Versuche gemacht, um auf den Grund der Erscheinung zu kommen, aber bisher sind sie alle fruchtlos gewesen.

Niemals ist es mir gelungen aus *Schmiedeseisen* Eisensäure darzustellen, eben so wenig aus *Stahl* ¹⁾).

Ja, nicht einmal jedes Gufseisen lieferte die Säure. Von viererlei Eisen, aus denen ich mir in der Königl. Eisengießerei hieselbst hatte Platten verfertigen lassen, zeigten nur zwei die Erscheinung, nämlich das *Wiesenerzeisen* und das *englische Roheisen*. Dagegen gab *schlesisches Coak-Eisen* gar keine Eisensäure, und *schlesisches Holzkohlen-Eisen* nur eine höchst unbedeutende Spur.

Anfangs glaubte ich die Stärke des elektrischen Stromes bedinge die Verschiedenheit, und maafs daher dieselbe bei einer aus *Schmiedeseisen*, und einer aus *Gufseisen* gebildeten Kette.

Allein die Messung ergab für die *Gufseisen*-Kette, also für den Fall der *Bildung* von *Eisensäure*, nur eine sehr unbedeutend gröfsere Stromstärke und elektromotorische Kraft als für eine *Schmiedeseisen*-Kette von gleichen Dimensionen.

Ich konnte auch den Strom der *Gufseisen*-Kette, durch Verlängerung des Schliefsdrahtes, bedeutend schwächer machen als den der *Schmiedeseisen*-Kette, und dennoch fuhr die erstere fort, Eisensäure zu bilden, während die letztere keine gab.

Die nahe Gleichheit der Stromstärke beider Eisen-

1) Beim Stahl sah ich zuweilen einen vereinzelten rothen Faden, und beim Schmiedeseisen, wenigstens bei der von mir angewandten Gattung, zeigte die Flüssigkeit erst nach langer Unterhaltung der Operation eine so geringe Spur von Färbung, dafs sie nur durch den Vergleich mit nicht gebrauchter Kalilauge merkbar war.

ketten, bei Gleichheit ihrer Dimensionen, scheint mir in theoretischer Hinsicht von Interesse zu seyn, denn sie zeigt dafs es für die Stromstärke (und auch elektromotorische Kraft) gleichgültig ist, ob die abgeschiedenen Stoffe (hier der Sauerstoff) frei entweichen oder sich mit den Metallen verbinden. Sie widerlegt die von Grove und Anderen aufgestellte Ansicht, als werde das Wasser leichter durch den elektrischen Strom zersetzt, wenn der Sauerstoff Gelegenheit findet, sich mit dem positiven Metall der Kette zu vereinigen. Auch möchte sie überhaupt wohl nicht die Ansicht unterstützen, dafs bei der chemischen Verbindung zweier Körper viel Elektrizität erregt oder verschluckt werde.

Uebrigens ist eine gewisse Intensität des Stroms zur Bildung der Eisensäure nöthig. Als ich zwei gusseiserne Platten in Kalilauge tauchte und darauf mit den Metallen einer einfachen Grove'schen Kette verband, war der Strom, vermöge der Dimensionen des Systems, nur schwach. In diesem Fall bildete sich auch nur wenig Eisensäure. Dagegen entstand Oxyd auf der positiven Platte, was mir beim Schmiedeeisen nicht vorgekommen ist, und beweist, dafs, unter diesen Umständen, das Gufseisen eine gröfsere Neigung zur Oxydation besitzt als das Schmiedeeisen.

Ueberhaupt ist das Gufseisen, besonders dasjenige, welches Eisensäure liefert, leichter löslich in Säuren als das Schmiedeeisen, vielleicht wegen der beigemengten Kohlentheilchen, die möglicherweise galvanische Actionen auf die Eisentheilchen ausüben, und so die Auflöslichkeit dieser auf eine ähnliche Art befördern, wie das gewöhnliche Zink durch seine Beimengungen löslicher ist als das destillirte Zink ¹⁾. Vielleicht ist das der Grund, warum gerade das Gufseisen Eisensäure bildet.

Andererseits ist eine erhöhte Intensität des Stroms, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, der Bildung

1) Annal. Bd. XIX S. 221.

der Eisensäure nicht schädlich. Wenn man zwei Grove'sche Ketten zur Säule verbindet und den Strom dieser Säule mittelst gußeiserner Platten in Kalilauge leitet, so erhält man die Eisensäure sehr leicht und reichlich ¹⁾).

Ich halte sogar diese Darstellungsweise für viel besser als die anfänglich angewandte, da man dabei die Kalilauge nicht mit einem Thongefäß in Berührung zu setzen braucht, also die erstere nicht verunreinigt und das letztere nicht zertrümmert, was unfehlbar immer nach einiger Zeit geschieht.

Ein geringer Nachtheil dieser Darstellungsweise besteht darin, daß ein Theil der gebildeten Eisensäure wieder verloren geht, nämlich durch Reduction derselben an der negativen Platte. Dieser kleine Verlust wird aber reichlich aufgewogen durch die größere Menge von Säure, die sich an der positiven Platte bildet.

Ich sage: kleiner Verlust. Diefß kann auffallend klingen, denn man könnte meinen, es müßte an der negativen Platte gerade so viel Eisensäure zersetzt werden, als an der positiven gebildet wird. Das ist aber nicht der Fall (vermuthlich deshalb, weil die Eisensäure offenbar kein Elektrolyt ist). Immer wird an der negativen Platte mehr Wasserstoff entwickelt als Eisen abgeschieden, also wird mehr Wasser als Eisensäure zersetzt.

Andererseits wird an der positiven Platte, *unter allen Umständen*, man mag eine einfache Kette oder eine Säule anwenden, immer, neben der Eisensäure, auch *Sauerstoff* gasförmig entwickelt, und zwar bei der Säule mehr als bei der Kette.

- 1) Eine lehrreiche Abänderung dieses Verfahrens besteht darin, daß man, statt der beiden gußeisernen Platten, eine Platte von Gußeisen und eine von Schmiedeisen nimmt. Verbindet man sie nun anfänglich so mit der Säule, daß der Sauerstoff zur letzteren geführt wird, so entweicht derselbe gasförmig an ihr. Vertauscht man darauf die Platten gegen einander, so bekommt man Eisensäure.

Es wäre demnach wohl möglich, daß man bei *hinlänglicher Steigerung* der Intensität des Stroms, selbst mit Gußeisen, zuletzt nur *Sauerstoffgas* und keine *Eisensäure* bekäme.

Diese nebenhergehende Sauerstoffentwicklung ist ein Uebelstand, in sofern sie verhindert, die Zusammensetzung der Eisensäure auf galvanischem Wege zu bestimmen.

Klar ist nämlich, daß die zum positiven Pol geführte Sauerstoffmenge das Aequivalent von der am negativen Pole entwickelten Wasserstoffmenge ist. Würde nun die erstere gänzlich mit dem Eisen verbunden, gleichviel ob *vorübergehend* oder *bleibend*, so ließe sich aus letzterer der Sauerstoffgehalt der Eisensäure berechnen, während deren Eisengehalt sich aus dem abgeschiedenen Eisenoxyd ergäbe.

Das freie Entweichen von Sauerstoff, und auch die Ungewissheit, ob bloß *eine* Eisensäure gebildet werde, erlauben aber nicht die Anwendung dieser Methode.

Die außerordentlich leichte Zersetzbarkeit der Säure hat mich abgehalten, irgend einen Versuch zu ihrer oder ihres Salzes Abscheidung zu machen. Wenn eine solche Abscheidung überhaupt möglich ist, so wird sie sich wahrscheinlich nur in sehr niedriger Temperatur bewerkstelligen lassen.

Schließlich erlaube ich mir noch die Vermuthung auszusprechen, daß die Eisensäure, welche bekanntlich auch, wenn gleich in geringer Menge, in hoher Temperatur entsteht, in der Natur gebildet vorkommen möge, z. B. als das Färbende im Amethyste, worin, freilich ältere, Analysen, außer Kieselerde, auch Eisen, neben einer Spur von Mangan aufgefunden haben.

IV. *Neue Untersuchungen über die Eigenschaften der discontinuירlichen elektrischen Ströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung; von Hrn. Prof. A. De la Rice.*

(Fortsetzung von S. 254.)

Zweiter Theil. — Studium der Erscheinungen, welche die discontinuירlichen und abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Ströme beim Durchgange durch eine aus metallischen und flüssigen Leitern gebildete Kette hervorbringen ¹).

Erster Abschnitt. — Vorläufige Untersuchung über die Oxydation des Platins.

In meiner früheren Abhandlung schrieb ich die Bildung der pulverförmigen Schicht auf der Oberfläche der Platindrähte, die zur Leitung der magneto elektrischen Ströme in eine Flüssigkeit gedient haben, den folgeweisen Oxydationen und Reductionen zu, welche die Metallfläche, vermöge der von diesen Strömen bewirkten Wasserzersetzung, durch die abwechselnde Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff erleidet. Ich hatte auch die Idee ausgesprochen, dafs, wenn die Oxydirbarkeit des Platins nicht schon früher erkannt worden, dieß davon herührte, dafs man die blofs oberflächliche Oxydation, deren allein die sogenannten *nicht-oxydirbaren* Metalle fähig sind, nicht unterschieden hätte von der Oxydation der *oxydirbaren* Metalle, einer Oxydation, die vermöge

1) Die grofse Länge der vorliegenden Abhandlung nöthigt mich bei diesem zweiten Theil einiges Aufserwesentliche fortzulassen.

einer gleichsam wahrhaften Cementation, mehr oder weniger tief unter ihre Oberfläche eindringt. Folgendes sind in Kürze die Beweggründe zu diesen Schlüssen:

1) Jene Erscheinung stellt sich genau auf dieselbe Weise bei den bestimmt oxydirbaren Metallen ein, z. B. beim *Kupfer* und *Silber*; nur bildet sich auf diesen Metallen die pulverförmige Schicht rascher und die anfangs stattfindende Gasentwicklung hört fast sogleich wieder auf, während sie bei Gold- und besonders bei Platindrähten sehr lange dauert.

2) Es tritt indeß ein Moment ein, wo auch bei Gold- und Platindrähten die Gasentwicklung aufhört, und sie hört auf, selbst bei den übrigen Metallen, wenn die Oberfläche sehr zertheilt ist, also die Oxydation und folglich die Reduction des Metalls sehr leicht geworden ist; nur bedarf es beim Platin einer längeren Zeit als bei den übrigen Metallen, um zu den Punkt zu gelangen, wo sich die Gase nicht mehr zeigen.

3) Führt man, selbst nachdem die Gasentwicklung aufgehört hat, mit dem Durchleiten der magneto-elektrischen Ströme fort, so gewahrt man eine rasche Farbenveränderung an der Oberfläche der Gold- und Platindrähte, ähnlich der, welche man, unter gleichen Umständen, an der Oberfläche oxydirbarer Metalle, besonders des Silbers, bemerkt. Die Farbenveränderungen entsprechen genau der durch die Ströme bemerkten abwechselnden Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff, und folglich der abwechselnden Oxydation und Reduction des Metalls.

Die vorstehenden Thatsachen, zu denen ich durch die Versuche in meiner früheren Abhandlung gelangt war, schienen mir, wie gesagt, noch nicht genügend, um die Oxydation des Platins unter unmittelbarer Wirkung des Sauerstoffs als Satz zu begründen. Ich habe daher den Gegenstand wieder aufgenommen, um ihn näher zu studiren.

I. Wirkung des an dem positiven und negativen Pol einer Säule entwickelten Sauerstoffs und Wasserstoffs auf das Platin.

Um die Oxydation des Platins direct zu erweisen, versuchte ich eine große Fläche desselben der Wirkung des freiwerdenden Sauerstoffs auszusetzen, indem ich mich derselben als positiven Pol einer Säule in gesäuertem Wasser bediente und sie darauf zum negativen Pol versetzte. Als diesen zweiten Pol hatte ich einen sehr dünnen und sehr kurzen Platindraht genommen, um so zwischen beiden Oberflächen die größt mögliche Verschiedenheit herzustellen. Ich sammelte sorgfältig das an jedem der Pole sich entwickelnde Gas für sich in einer graduirten Glasröhre, und wenn das Verhältniß zwischen Sauerstoff und Wasserstoff nicht genau das der Zusammensetzung des Wassers war, so schloß ich, daß das Gas, welches sich in ungenügender Menge zu diesem Verhältniß vorfand, zur Oxydation oder Desoxydation der großen Platinfläche verbraucht worden war, je nachdem am Sauerstoff oder Wasserstoff fehlte.

Ich machte diese Versuche nach einander mit Salpetersäure und Schwefelsäure, verdünnt mit 9 Th. Wasser; Säure und Wasser waren vollkommen rein. Die Resultate schienen mir entscheidender bei der Schwefelsäure, weil bei dieser das Wasser allein zersetzt wird, während bei der Salpetersäure ein Theil der Säure selbst eine Zersetzung erleidet, und nicht bloß Sauerstoff und Wasserstoff entwickelt werden; es könnte sich darunter etwas Stickstoffoxyd und selbst Stickstoff befinden. Uebrigens würde man diesen Uebelstand durch Anwendung einer sehr verdünnten Salpetersäure vermeiden, aber man bedürfte alsdann einer sehr starken Säule.

Nachdem ich eine 20 Centimet. lange und 3 Centim. breite Platinplatte gereinigt ¹⁾ und mit destillirtem Was-

1) Zur Reinigung der Platinflächen habe ich beständig das von Faraday angegebene Verfahren befolgt. Diefß besteht darin, daß man die Platten roth glüht, sie, während des Glühens mit einem Stücke

ser abgewaschen hatte, rollte ich sie spiralförmig auf und tauchte sie in die verdünnte Schwefelsäure, unter einer graduirten und mit derselben Säure gefüllten Glasröhre; ein sehr dünner und sehr kurzer Platindraht tauchte, unter einer ebenfalls graduirten Röhre, in dieselbe Säure. Mittelst Platindrähte, die in Glasröhren eingeschlossen waren, so daß die aus der Zersetzung der Flüssigkeit entstehenden Gase gänzlich in den graduirten Röhren aufgefangen wurden, setzte man jene Platte und jenen Draht mit den Polen der Säule in Verbindung.

Zuvörderst wurde die Platte mit dem Minus-Pol und der Draht mit dem Plus-Pol verbunden; man erhielt nun an der Platte genau 100 Cubikcentimeter Wasserstoff und an dem Draht 50 Sauerstoff. Man vertauschte die Pole. Es entwickelten sich an der Platte 16 Cubikcentimeter Sauerstoff und an dem Draht 41 Wasserstoff. Es fehlten also $4\frac{1}{2}$ C. C. Sauerstoffgas, welche die Platte aufgenommen hatte. Dieser Sauerstoff konnte nicht zur Verbindung von Wasserstoff, den die Platte etwa als negativer Pol zurückgehalten hatte, verbraucht worden seyn. Denn da beim ersten Versuch kein Wasserstoff fehlte, so war keiner an der Platte hängen geblieben. Ueberdies traf man bei diesen, wie bei allen folgenden Versuchen die Vorsicht, die Platten stark zu erschüttern, damit alles an den Platten hängende Gas abgesondert werden möchte.

Bei einem anderen Versuch brachte man die Platte, nachdem sie, wie immer, sorgfältig gereinigt worden war, zuvörderst mit dem Plus-Pol und den Draht mit dem Minus-Pol in Verbindung. Man erhielt 8 C. C. Sauerstoff an der Platte und 20 Wasserstoff am Draht; es fehlten also 2 C. C. Sauerstoff. Bei Vertauschung der Pole erhielt man 10 C. C. Sauerstoff am Draht und 15 bis 16 Wasserstoff an der Platte. Es fehlten also 4 bis

Kali reibt, darauf in kochende Schwefelsäure taucht, und nun lange mit fortwährend erneuertem destillirtem Wasser wäscht.

5 C. C. Wasserstoff, also fast das Doppelte oder das Aequivalent des verschwundenen und zur oberflächlichen Oxydation der Lamelle verbrauchten Sauerstoffs.

Dieselben Versuche machte ich bei Anwendung eines schwach durch Salpetersäure angesäuerten Wassers. Die Platinplatte war, wie immer, sorgfältig gereinigt und spiralförmig aufgerollt; der Platindraht hatte nur 4 bis 5 Millim. Länge. Nach Verbindung des negativen Pols mit dem Draht und des positiven mit der Platte, erhielt ich 87 C. C. Wasserstoff am Draht und nur 40 Sauerstoff an der Platte; es fehlten also 3,5 C. C. Sauerstoff. Ich liefs den Apparat 24 Stunden stehen, Draht und Platin in die Flüssigkeit eingetaucht, ohne daran etwas zu ändern. Auf's Neue den Plus-Pol mit der Platte und den Minus-Pol mit dem Draht verbindend, erhielt ich 40 C. C. Sauerstoff an der Platte und 80 Wasserstoff an dem Draht, zum Beweise, daß die Tags zuvor an der Platinfläche gebildete Sauerstoffschicht sich erhalten hatte, ungeachtet der Berührung mit dem schwach gesäuerten Wasser. Als aber der Minus-Pol mit der Platte und der Plus-Pol mit dem Draht verbunden ward, erhielt ich 50 C. C. Wasserstoff an der Platte und 29 am Draht; es fehlten also 8 C. C. Wasserstoff, fast das Aequivalent des an der Platte zurückgebliebenen Sauerstoffs. Bei jedem dieser Versuche sorgte ich dafür, den Theil der Flüssigkeit, der in der getheilten Röhre die Platte oder den Draht umgeben hatte, zu erneuen, ohne Platte und Draht der Luft auszusetzen, damit die Umstände der Versuche allemal dieselben waren.

Hier noch einige Versuche mit Wasser, welches ein Zehntel seines Volums Schwefelsäure enthielt.

Bei einer sehr schwachen Säule setzte man den Plus-Pol mit der Platte und den Minus-Pol mit den Draht in Verbindung; man erhielt 20 Maafs Wasserstoff und nur 6 Sauerstoff; es fehlten also 4. Nun verband man bei einer stärkeren Säule den Plus-Pol mit dem Draht,

den Minus-Pol mit der Platte. Man erhielt 5 Maafs Sauerstoff und 6 Wasserstoff; es fehlten also 4 Maafs Wasserstoff, was beweist, dafs die Platte nur 2 Maafs Sauerstoff aufgenommen und behalten hatte, wenigstens in dem Theil, wo der Wasserstoff reducirend wirkte. Bei abermaliger Verbindung der Pole in derselben Weise erhielt man 8 M. Sauerstoff am Draht und 16 Wasserstoff an der Platte. Als endlich eine der Luft ausgesetzt gewesene Platte mit dem Minus-Pol und der kurze Draht mit dem Plus-Pol verbunden ward, erhielt man nur 5 Maafs Wasserstoff gegen 5 Sauerstoff. Es fehlten also 5 Maafs Wasserstoff die zur Reduction der schwach oxydirten Oberfläche des Platins verbraucht worden waren.

Eine wohl gereinigte Platte wurde an den Minus-Pol und der Draht an den Plus-Pol gebracht; es zeigte sich ein kleiner, fast unwahrnehmbarer Verlust am Wasserstoff. Man vertauschte die Pole; anfangs erschienen 10 Wasserstoff und nur 3 Sauerstoff; nach einer Secunde aber 20 Wasserstoff und 9 Sauerstoff, im Ganzen also 30 Wasserstoff und 12 Sauerstoff; es fehlten also 3 Sauerstoff. Man setzte den Versuch fort unter bisweiliger Vertauschung der Pole; immer fehlten einige Maafse von demjenigen Gase, welches sich an der Platte entwickelte. Diefs Verschwinden fand aber nicht mehr statt, wenn die Platte schon einige Zeit zur Entwicklung desselben Gases gedient hatte.

Bemerken mufs ich, dafs wenn ich an der Platte den positiven mit den negativen Pol vertauschte, die verschwindenden Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff nicht immer genau aequivalent waren. Ich leite diese Unterschiede theils davon ab, dafs die Flüssigkeit etwas Sauerstoff löst, theils davon, dafs der Strom sich nicht gleichförmig über alle Punkte einer Platte ausbreitet, besonders wenn sie grofs ist; es kann mithin geschehen, dafs alle Punkte der Platte, die mit einem der Gase bekleidet wurden, es nicht genau mit dem andern werden.

Vielleicht löst sich auch ein Theil des gebildeten Oxyds in dem gesäuerten Wasser, und dieß erklärt, weshalb verhältnißmäßig immer mehr Sauerstoff als Wasserstoff verschwindet. Weiterhin werde ich noch eine andere Ursache dieses Unterschiedes nachweisen.

Dieselben Versuche habe ich auch so wiederholt, daß ich die Platinplatte successiv ersetzte durch Platinschwamm und durch einen Platindraht, dessen Oberfläche mit Hülfe der von magneto-elektrischen Strömen bewirkten abwechselnden Oxydationen und Reductionen pulverförmig gemacht worden war. Mit dem Schwamm, der mehre Tage in der Säure gelegen hatte und sorgfältig gereinigt worden war, erhielt ich, bei Verbindung desselben mit dem negativen Pol, das richtige Verhältniß der Gase. Als ich ihn aber mit dem positiven Pol verband, bekam ich nur 3 Maafs Sauerstoff auf 10 Maafs Wasserstoff. Der Vorgang ist übrigens wie bei der Platinplatte; obwohl das Stück Platinschwamm sehr klein war, machte doch die große Anzahl seiner Berührungspunkte mit der Flüssigkeit die in Folge der abwechselnden Oxydation und Reduction des Metalles eintretende, successive Absorption von Sauerstoff und Wasserstoff noch weit sichtbarer.

Der Draht mit der pulverförmigen Oberfläche war etwa 12 Centimeter lang. Als er unmittelbar nach der Umänderung seiner Oberfläche, einer Operation, die immer, wie ich weiterhin zeigen werde, eine leichte Oxydation mit sich führt, mit dem Minus-Pol verbunden ward, gab er 5 Maafs Wasserstoff gegen 5 Sauerstoff am positiven Pol, der mit einem gewöhnlichen Platindraht von 5 Millimet. gemeinschaftete. Nach Vertauschung der Pole entwickelten sich anfangs 3 Sauerstoff am langen Draht gegen 12 Wasserstoff am kurzen. Es fehlten also 3 Maafs Sauerstoff. Bei Fortsetzung des Versuchs erschienen 2 Maafs Sauerstoff gegen 8 Wasserstoff. Es fehlten also noch 2 Maafs Sauerstoff, im
Gan-

Ganzen also bei diesen beiden Versuchen 5 Maafs. Von nun an entwickelten sich die Gase in dem richtigen Verhältnisse. Nach nochmaliger Vertauschung der Pole hatte ich 12 Wasserstoff am langen Draht gegen 10 Sauerstoff am kurzen. Es fehlten also 8 Maafs Wasserstoff, die zur Reduction des von dem in den früheren Versuchen verschwundenen Sauerstoff gebildeten Oxyds verbraucht worden waren. Bei Wiederholung des letzten Versuchs ohne Vertauschung der Pole erhielt ich genau 10 Maafs Wasserstoff am langen Draht gegen 5 Sauerstoff am kurzen.

Endlich brachte ich in ein gleiches, auch mit gesäuertem Wasser gefülltes Eudiometer einen langen Platindraht mit pulverförmiger Oberfläche und einen kurzen mit glatter. Den langen verband ich mit dem Plus-Pol, den kurzen mit dem Minus-Pol. Dann, als das Gasgemenge das Eudiometer zur Hälfte angefüllt hatte, liefs ich es verpuffen; es blieb ein Ueberschufs von Wasserstoff, gleich einem Zehntel des Gesamtvolums. Bei drei- bis viermaliger Wiederholung desselben Versuchs erhielt ich beständig dasselbe Resultat. Allein zuletzt war der metallische Staub, der den langen Platindraht bekleidete, fast gänzlich verschwunden. Wahrscheinlich wurde dieser sehr feine Staub oxydirt, demzufolge in der Säure gelöst; dadurch wurden neue Theilchen entblöfst, die sich ihrerseits oxydirten. Diefs erklärt weshalb in dem Gasgemenge beständig ein Ueberschufs von Wasserstoff vorhanden war. Diese Erscheinung zeigte sich nicht bei der Platte, deren Oberfläche nicht pulverförmig war, die sich also, selbst wenn sie oxydirt ward, nicht leicht im gesäuerten Wasser lösen konnte. Sie fand auch nicht statt bei einem langen schraubenförmig gewundenen Draht mit glatter Oberfläche, den ich statt des Drahts mit pulverförmiger Oberfläche genommen. Im letzten Fall enthielt das Gasgemenge, welches ich bei Verbindung des schraubenförmigen Drahts mit dem po-

sitiven Pol der Säule bekam, einen Ueberschufs von 3 Maafs Wasserstoff. Bei Vertauschung der Pole, aber den Wasserstoffrückstand im Eudiometer lassend, erhielt ich ein Gasgemenge, das nach der Verpuffung fast keinen Rückstand hinterliess. Selbst der Ueberschufs des Wasserstoffs von dem vorhergehenden Versuch war also vollständig verschwunden. Dieser Ueberschufs rührte also davon her, dafs ein Theil des Sauerstoffs zur oberflächlichen Oxydation des langen Platindrahts, als dieser am positiven Pol safs, verbraucht worden war. Er verschwand, weil, bei Verbindung dieses Drahts mit dem negativen Pol, ein Theil des Wasserstoffs, welcher sich hätte in dem Gasgemenge befinden müssen, zur Desoxydation des Drahts gebraucht worden war.

Es scheint mir also aus obigen Versuchen hervorzugehen:

1) Dafs vollkommen reines und blankes Platin sich unter Einwirkung von entstehendem Sauerstoff auf seiner Oberfläche oxydiren kann.

2) Dafs dieses Oxyd sich in schwach gesäuertem Wasser nicht löst, wenn die Oberfläche, auf welcher es sich bildet, nicht pulverförmig ist ¹⁾).

3) Dafs dieses Oxyd durch Wirkung des Wasserstoffs sehr leicht reducirbar ist.

Vielleicht wird man gegen diese Schlüsse zwei Einwürfe erheben: 1) dafs die eben beschriebenen Erscheinungen von der Auflösung der Gase in den Flüssigkeiten herrühren können, 2) dafs sie nur das Resultat einer blofsen Adhärenz, bald des Sauerstoffs, bald des Wasserstoffs, an der Oberfläche des Platins seyen.

Prüfen wir diese beiden Einwürfe.

Ich gebe zu, dafs das gesäuerte Wasser einen Theil

- 1) Das ist nicht mehr der Fall, wenn die Säure kochend und concentrirt ist. Die Platte, die mit einer Säure unter diesen Umständen behandelt und darauf mit destillirtem Wasser gewaschen worden ist, verhält sich wie eine vollkommen desoxydirte Platte.

der an beiden Polen entwickelten Gase lösen könne, besonders etwas Sauerstoff; ich muß auch zugeben, daß, wenn das Gas sich an einer großen Oberfläche entwickelt, diese Lösung erleichtert werde. Allein dadurch erklärt sich nicht die ganze Erscheinung. Nachdem ich die Platinplatte mit dem positiven Pol verknüpft, und das Verschwinden einer gewissen Menge Sauerstoff beobachtet, auch denjenigen Theil der Flüssigkeit, der mit den Polen in Contact war, vollständig erneut habe, wiederhole ich denselben Versuch, und finde den Sauerstoff sehr nahe in dem richtigen Verhältniß entwickelt. Wenn die Abwesenheit eines Theils des Sauerstoffs im ersten Fall von dessen Lösung in der umgebenden Flüssigkeit abhinge, warum findet diese Lösung und folglich diese Abwesenheit nicht gleichermassen in dem zweiten Falle statt? Wie geschieht es, daß eine wohl gereinigte und abgewaschene Platinplatte, mit dem negativen Pol verbunden, Wasserstoff in dem richtigen Verhältniß giebt, während dieselbe Platte, nachdem sie der Wirkung des Sauerstoffs ausgesetzt worden ist, in derselben Flüssigkeit einen Theil des an ihrer Oberfläche entwickelten Wasserstoffs verschwinden macht?

Folgende, leicht zu machende Beobachtung zeigt, daß es unmöglich ist, die beschriebenen Erscheinungen wenigstens ganz, der Absorption der Gase von den Flüssigkeiten zuzuschreiben. Man nehme eine Platinplatte, welche der Luft oder dem Sauerstoff einige Zeit ausgesetzt gewesen ist, und tauche sie, als negativen Pol einer Säule, in die Flüssigkeit, welche der Strom durchlaufen soll. Es verfließen mehre Secunden, manchmal bis zwanzig, ehe der Wasserstoff sich zeigt, während an einer ähnlichen, zum positiven Pol genommenen Platte der Sauerstoff augenblicklich auftritt. Verbindet man dagegen die Pole mit zwei vollkommen gereinigten Platinplatten, so erscheint an der negativen Platte sogleich Wasserstoff, während an der positiven der Sauer-

stoff erst einige Secunden später sich zeigt. Es ist also einleuchtend, daß die Unterschiede in den Zeitpunkten, wo die Gase an jeder Platte sichtbar werden, von dem Zustande der Oberfläche der Platten abhängen und nicht von der Fähigkeit der Flüssigkeit, die Gase zu lösen; denn diese Fähigkeit würde in den zwei so eben beschriebenen Versuchen auf gleiche Weise gewirkt haben.

Endlich sind die secundären Polaritäten, welche die Platinplatten annehmen und deren Natur verschieden ist, je nachdem sich an diesen Platten Sauerstoff oder Wasserstoff entwickelt, eine fernere Probe, daß diese Oberfläche von diesen Gasen, vermöge einer Oxydation und Reduction, modificirt wird, und zwar, wie wir gesehen, in einem Augenblick.

Hier stellt sich der zweite Einwurf ein. Die Platinflächen halten Sauerstoff an ihrer Oberfläche zurück, sagt man; allein dieses Gas haftet nur an, bildet keine chemische Verbindung; eben so ist es mit dem Wasserstoff. Diese Erscheinungen entspringen aus einer rein physischen Adhäsion; und, fügt man hinzu, wenn man den negativen Pol an die Platte versetzt, welche mit dem positiven Pol verbunden war, so rührt das theilweise Verschwinden des Wasserstoffs davon her, daß dieser sich im Entstehungszustand mit dem an der Platte haften gebliebenen Sauerstoff verbindet.

Ich habe auch diesen Theil der Aufgabe sorgfältig untersucht, desto mehr als die angeführte Meinung die ist, welche Hr. Matteucci und, wie mir scheint, auch Hr. Schönbein, jeder für sich, in seiner Arbeit über die secundäre Polarität ausgesprochen hat.

Folgendes sind die Gründe, welche mich glauben lassen, daß zwischen den Gasen und der Platinfläche keine bloße physische Adhäsion, sondern eine wahrhafte chemische Verbindung stattfindet.

1) Wenn die Oberfläche des Platins recht frisch und sorgfältig gereinigt worden ist, haftet bloß der Sauer-

stoff daran, nicht der Wasserstoff. Wenn Hr. Matteucci das Volumen des Wasserstoffs abnehmen sah, als er in eine mit diesem Gase gefüllte Proberöhre eine Platinplatte brachte, so rührte dies daher, daß diese Platte, vermöge ihrer früheren Berührung mit Luft oder Sauerstoff eine schwach oxydirte Oberfläche besaß. In der That nimmt die Platte, wenn sie gut desoxydirt und abgewaschen ist, keinen Wasserstoff auf, man mag sich derselben als negativen Pol einer Säule bedienen oder sie in eine mit Wasserstoff gefüllte Glasglocke bringen.

2) Der pulverförmige Zustand, welchen die Platin-Oberfläche annimmt, wenn sie lange Zeit der abwechselnden Wirkung von Sauerstoff und Wasserstoff ausgesetzt gewesen ist, giebt einen Beweis, daß die Adhäsion des Sauerstoffs eine wahrhafte chemische Verbindung, und die des Wasserstoffs eine wahrhafte Zersetzung des Oxyds gewesen ist. Denn es geschieht dem Platin genau dasselbe, was andern Metallen, wie dem Kupfer, geschieht, wenn ihre Oberfläche abwechselnd Oxydationen und Reductionen erfährt: die Oberfläche wird pulverförmig.

3) Es ist, selbst mit einer starken Lupe, unmöglich, die geringste Sauerstoffblase an der Oberfläche des Platins wahrzunehmen, welches diesem Gase ausgesetzt war. Reiben mit Leinwand nimmt nicht diesen Sauerstoff fort. Es bedarf dazu entweder einer mechanischen Action, welche die Oberfläche erneut, oder des Kochens mit starker Säure, welche das gebildete Oxyd löst. Das ist also wieder ein Beweis für die wahrhaft chemische Verbindung; zwar ist sie nur oberflächlich, und wenn man diesen Umstand für genügend hält, um die Erscheinung für eine physische auszugeben, so wird die Frage nur ein Wortstreit. Wie mir scheint, kann man aber die Sache nicht so ansehen; denn eine bloße physische Adhäsion schließt die Idee ein, daß die Körper ihre individuellen Eigenschaften behalten. So ver-

hält es sich aber nicht in diesem Fall, weil der Sauerstoff nicht mehr gasförmig ist, und die Platin-Oberfläche durch die abwechselnde Wirkung beider Gase zuletzt in Staub zerfällt. Mithin hat die Erscheinung alle Kennzeichen einer wahrhaft chemischen Verbindung.

Die eben beschriebenen Versuche wurden im Frühling und Sommer 1838 angestellt. Sie waren Gegenstand einer Vorlesung, die ich am 4. Sept. dieses Jahres in der Genfer Gesellschaft für Physik und Naturgeschichte hielt. Ich übergab aber damals die Abhandlung nicht dem Druck, sondern sandte einen Auszug an Hrn. Becquerel, der ihn der Pariser Academie vorlas, und in dem *Compte rendu* vom December 1838 drucken liefs.

Seit der Zeit habe ich die Versuche mehrmals wiederholt und immer mit demselben Erfolg. Ganz neuerlich (28. Apr. 1841) habe ich noch folgendes Resultat mit einer constanten Batterie von 10 Elementen erhalten. Die Pole derselben waren verbunden mit einer sehr reinen, spiralförmig aufgerollten Platinplatte und einem sehr kurzen Platindraht. Beide tauchten in sorgfältig gereinigte Schwefelsäure, die mit dem 9fachen Volum destillirten Wassers verdünnt war. Das an jedem Pol entwickelte Gas wurde in graduirten Röhren aufgefangen. Anfangs, als der negative Pol mit der Platte verbunden war, wurden die Gase in dem richtigen Verhältniß entwickelt. Als aber der positive Pol mit der Platte und der negative mit dem Draht verknüpft ward, erschienen 20 C.C. Wasserstoff und nur 6 Sauerstoff, statt 10. Nach abermaliger Vertauschung der Pole erhielt ich 10 C. C. Sauerstoff und nur 15 Wasserstoff; es hätten 8 statt 4 fehlen müssen, um das Aequivalent des verschwundenen Sauerstoffs zu repräsentiren. Allein, wie gesagt, es verschwindet bei diesen Versuchen der Wasserstoff sehr selten in einer dem Sauerstoff aequivalenten Menge. Weiterhin werde ich noch eine Ursache des Unterschiedes zwischen beiden Gasen nachweisen.

II. Vom Einfluß, den die Oxydation des Platins auf die Ströme der ganz aus diesem Metall zusammengesetzten Ketten ausübt.

Wie ich glaube, bin ich der erste, der gezeigt hat, daß wenn zwei Platindrähte mittelst des Volta'schen-Stroms zur Wasserzersetzung gedient haben, diese Drähte eine wirksame Kette bilden können. Der als positiver Pol benutzte Draht, an welchem sich also Sauerstoff entwickelt hat, ist das negative Glied der Kette, der als negativer Pol gebrauchte, an dem Wasserstoff entwich, ist das positive. Dieser Strom dauerte einige Augenblicke, mehr oder weniger lang, je nach der Natur der Flüssigkeit, in welche beide Drähte während der vom Strom bewirkten Zersetzung eingesenkt waren, und je nach der Natur der Flüssigkeit, in welche sie zur Bildung der Kette eingetaucht wurden.

In der Abhandlung, wo ich dieses Phänomen beschrieb ¹⁾, leitete ich es von einem eigenthümlichen elektrischen Zustand der Drahttheilchen ab, und ich stützte meine Hypothese auf die Thatsache, daß diejenigen Theilchen der Platindrähte, welche während des Stromes nicht in die Flüssigkeit tauchten, ebenfalls, wiewohl in geringerem Grade, dieselben Eigenschaften zeigten wie an den entsprechenden Drähten die Theile, auf welche sich die Elemente der zersetzten Flüssigkeit ablagerten. Hr. Becquerel zeigte später, daß diese Erklärung nicht die richtige sey, die beobachtete Erscheinung vielmehr von einem ungemein dünnen Absatz der Bestandtheile der vom Strom zersetzten Substanzen auf die Oberfläche der Platindrähte herrühre. Sobald der Strom aufhört, ruft die Wirkung der Flüssigkeit auf diesen Absatz den secundär genannten Strom hervor, bei welchem der eine Platindraht die Rolle des positiven Elements und der andere die des positiven spielt. Indefs haben mir spätere Versuche gezeigt, daß, wie ich angegeben, Drähte

1) *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève, T. III pt. II et Ann. de chim. et de phys. T. XXXVI p. 34.*

und Platten von Platin, die keine Ablagerung auf ihre Oberfläche erhalten haben, ebenfalls einen secundären Strom geben können, zwar einen weit schwächeren, aber doch wahrnehmbaren. Ich füge nur hinzu, daß ein gründlicheres Studium dieser Erscheinungen mich zu der Einsicht geführt hat, daß sie ebenfalls von einer chemischen Einwirkung der Flüssigkeit auf die Platinfläche her stammen, nicht bloß im Fall, wo eine Ablagerung stattfindet, wie Hr. Becquerel angiebt, sondern auch in dem, wo keine solche vorhanden ist.

Die HH. Matteucci, Peltier und Schönbein, welche sich mit diesem Gegenstand beschäftigten, haben gezeigt, daß Platten von Platin und Gold einen secundären Strom zu erregen vermögen, bloß in Folge davon, daß sie zur Zersetzung von schwach gesäuertem und selbst vollkommen reinem Wasser gedient haben, ohne daß andere Zersetzungsproducte, als Sauerstoff, an der einen Platte und Wasserstoff an der andern vorhanden waren. Hr. Matteucci schreibt diese Erscheinung dem Anhaften des Sauerstoffs und Wasserstoffs an den beiden Platten zu, und beweist dies, indem er die Platte, an welcher der Sauerstoff entwich, in eine mit Wasserstoff gefüllte Proberöhre, und die Platte, an der der Wasserstoff sich entwickelte, in eine mit Sauerstoff gefüllte Röhre bringt; er findet dann, daß das Gasvolum in jeder Röhre sich ein wenig verringert. Es ist ihm auch gelungen dieselben secundären Polaritäten hervorzubringen dadurch, daß er auf einige Augenblicke die eine Platinplatte in eine Atmosphäre von Sauerstoff und die andere in eine von Wasserstoff bringt ¹).

Hr. Peltier meint, die Erscheinung rühre von den in Wasser gelöst gebliebenen Gasen her ²); es gelang ihm, einen secundären Strom hervorzubringen, indem er

1) *Bibl. univers. T. XVII (Oct. 1838) p. 378.*

2) *Ibid. T. XVIII (Nov. 1838) p. 186.*

Wasserstoff direct in Wasser leitete, eins der Platinenden des Galvanometers in dieß gewasserstoffte Wasser tauchte, und das andere, gleichfalls platinerne Ende in gewöhnliches Wasser, das mit ersterem in Berührung stand.

Endlich hat Hr. Schönbein eine große Anzahl von Versuchen gemacht, wobei er Platin-, Gold- und Silberdrähte in verschiedene Gase taucht und die Polaritäten bestimmt, welche die Drähte durch die Wirkung dieser Gase erlangten oder verloren. Auch wandte er, zur Schließung der aus diesen Metalldrähten gebildeten Ketten, verschiedene leitende Flüssigkeiten an, und studirte den Einfluß dieser Flüssigkeiten. Er scheint alle von ihm beobachteten Erscheinungen chemischen Wirkungen zuzuschreiben, ohne sich über die Natur dieser Wirkungen auszudrücken; denn er fügt hinzu: *Ich wage noch nicht zu sagen, daß die secundären Ströme gänzlich von einer gewöhnlichen chemischen Wirkung herühren.*

Die Schlüsse, zu welchen ich in Folge der im vorigen Paragraph enthaltenen Untersuchungen gelangt bin, hatten mich vermuthen lassen, daß Oxydation und Desoxydation des Platins wohl eine wichtige Rolle bei der Erzeugung secundärer Ströme spielen könnten. Die Versuche der eben genannten Physiker stimmten mit dieser Erklärung, und ich suchte daher diese durch ein sorgfältiges Studium der besagten Erscheinung zu bestätigen. Zunächst habe ich mich versichert, daß Drähte und Platten von Platin, welche zur Zersetzung von schwach gesäuertem Wasser gedient haben, einen ungemein starken secundären Strom geben, einen desto stärkeren, je größer die Oberflächen sind. Die ausgeprägteste Intensität bekommt man bei Anwendung eines Stückes Platinschwamm. Ein Draht, dessen Oberfläche durch magneto-

1) *Bibl. univ. T. XVIII (Nov. 1838) p. 187. (Ann. Bd. XXXXVI S. 109 und Bd. XXXXVII S. 101.)*

elektrische Ströme pulverförmig gemacht worden ist, giebt auch einen weit intensiveren secundären Strom als ein Draht mit glatter Oberfläche, wahrscheinlich, weil er, wie der Schwamm, eine weit gröfsere Zahl von Berührungspunkten mit dem umgebenden Mittel darbietet.

Nach mir ist die Ursache der Erscheinung folgende: Da das Platin, welches der Wirkung des Wasserstoff ausgesetzt gewesen, vollkommen blank (*décapé*) ist, so wird es von gesäuertem Wasser, und, falls es in reines Wasser getaucht ist, selbst von der darin gelösten Luft schwach angegriffen; es giebt also Anlaß zu einem Strom, wenn man mit ihm und einem anderen Stück Platin, dessen Oberfläche, entweder durch Liegen an der Luft oder noch besser durch den Gebrauch als positiver Pol, oxydirt worden ist, eine Kette bildet; in diesem zweiten Fall ist der Strom stärker als im ersten. Dieser Strom ist stärker, und dauert länger mit einer grofsen Platte, mit Platinschwamm oder mit einem Draht, dessen Oberfläche pulverförmig ist. In diesem Fall geschieht nämlich die chemische Wirkung an einer gröfseren Zahl von Punkten, und da sie nicht aufhört, ehe nicht die Oberfläche oxydirt ist, so hört sie nothwendig später auf. Wahrscheinlich gestattet auch der Zustand der Zertheilung des Platins eine geringe Auflösung des Oxyds, und bietet so noch beständig der chemischen Action ein Stück nicht oxydirt Oberfläche dar. Die eben gegebene Erklärung ist eine Folge der Oxydation, deren, wie ich gezeigt, das Platin fähig ist. Sehen wir nun, ob sie mit allen Thatsachen übereinstimme.

Ich liefs Platindrähte, -Platten und -Schwamm lange in concentrirter Salpetersäure liegen, um sie wohl zu reinigen (*décapé*); darauf wusch ich sie sorgfältig in destillirtem Wasser und wiederholte dies mehrmals, um jede Spur von Säure zu entfernen; auch trug ich immer Sorge, dafs die Platten nicht mit der Luft in Berührung kämen. Zuvörderst befestigte ich an den Enden des

Galvanometers einen Draht und eine Platte; die Platte an einer Seite und Platinschwamm an der andern. Der Schwamm war beständig positiv gegen den Draht oder die Platte. Eben so verhielt sich ein Draht mit pulverförmiger Oberfläche, aber dieser Draht war negativ gegen den Schwamm. Die Flüssigkeit, in welche die Metalle tauchten, war ein durch Salpetersäure oder Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser. Säure und Wasser waren vollkommen rein. Diese Versuche scheinen also anzudeuten, daß auf die blanken Platinflächen eine chemische Wirkung stattfindet, die einen Strom hervorruft, wobei die größere Oberfläche, also die, an welcher die ausgedehntere chemische Wirkung stattfindet, positiv gegen die andere ist, wie dies auch bei den oxydirbaren Metallen geschieht.

Hierauf nahm ich zwei Platinplatten, die, nachdem sie sorgfältig gereinigt und gewaschen waren, in destillirtem Wasser liegen blieben, trocknete die eine an der Luft und die andere, neben einer Schale voll concentrirter Schwefelsäure, unter einer Glocke, die möglichst schnell ausgepumpt wurde. Die im Vacuo getrocknete Platte war beständig positiv gegen die an der Luft getrocknete, wenn beide in sehr verdünnte Schwefelsäure oder Salpetersäure eingetaucht wurden; ein Beweis, daß die letztere sich an der Oberfläche oxydirt hatte, und die erstere nicht oder wenigstens in einem geringeren Grade.

Ich liefs auch eine gereinigte Platte in Wasserstoff trocknen. Sie war, wie die im Vacuo getrocknete, positiv, aber stärker, was nicht verwundern kann, da hier, durch die Wirkung des Wasserstoffs, jede Spur von Oxydation hatte verschwinden müssen.

Bei Eintauchung zweier anderen Platten in concentrirte Salpetersäure fand ich das Umgekehrte, nämlich, daß die im Vacuo oder in Wasserstoffgas getrocknete negativ gegen die an der Luft getrocknete war. Dar-

aus schliesse ich, dafs, in diesem Fall, die an der Luft oxydirte Platte durch Salpetersäure angegriffen wurde, indem die Säure sich mit dem Oxyd verband und es löste, während die andere, nicht oder wenig oxydirte Platte wenig oder gar keine Einwirkung von Seiten der Säure erlitt. Die Richtung des Stromes war in völligem Einklang mit dieser Erklärung.

Um mich von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, machte ich die folgenden Versuche. Ich liefs Platinschwamm mehre Monate lang in concentrirter, vollkommen reiner Salpetersäure liegen, andern brachte ich in ungemein verdünnte Salpetersäure und noch andern liefs ich an offner Luft in einer Schale liegen, die jedoch zur Abhaltung des Staubes mit Papier bedeckt worden war. Eine grofse Platinschale, die inwendig recht sauber war, aber lange mit der Luft in Berührung gestanden, wurde mit dem einen Ende des Galvanometers verbunden, und mit concentrirter, reiner Salpetersäure gefüllt. Hierauf tauchte ich, verbunden durch einen Platindraht mit dem andern Ende des Galvanometers, in die Säure erstlich das Stück Platinschwamm, welches lange in der Salpetersäure gewesen, dann das Stück, welches, nachdem es desoxydirt worden, in Wasser oder an der Luft gelegen hatte. Das erste war negativ, die beiden andern sehr stark positiv, besonders das der Luft ausgesetzt gewesene.

Statt der concentrirten Salpetersäure brachte ich sehr verdünnte in die Schale; nun waren die Resultate umgekehrt. Dieser Unterschied erklärt sich sehr gut, wenn man erwägt, dafs die reine und concentrirte Salpetersäure keine Wirkung auf nicht oxydirtes Platin ausübt, wohl aber auf eine mit einer leichten Oxydschicht überzogene Platinfläche, während das Gegentheil geschieht, wenn die Säure sehr verdünnt ist.

Damit diese Wirkungen etwas starke Ablenkungen an der Galvanometernadel hervorbringen, mufs man dem

Platin grofse Oberfläche geben. Daher sind die Ablenkungen so merklich mit Platinschwamm, und zu dem Zweck wandte ich auch eine grofse Platinschale an. In der That erhielt ich, als ich das eine Ende des Galvanometerdrahts mit oxydirtem Platinschwamm und das andere mit einem Platindraht, der nur 2 bis 3 Centimeter tief in die Flüssigkeit tauchte, verband, einen Strom von nur 5° bis 6°. Bei Vertauschung des Drahts gegen ein Stück nicht oxydirten Platinschwamms oder eine sehr grofse Platinfläche, erhielt ich einen Strom, der die Nadel mehr als 90° ablenkte.

Offenbar ist es bei allen diesen Erscheinungen eine chemische Action, von welcher die erregte Elektricität herkommt, und die Oxydation des Platins hat einen grofsen Theil daran. Was ist nun aber diese Action? Das ist ein Punkt, der mir noch eine Untersuchung zu verdienen scheint. Es wäre nicht unmöglich, dafs sie, wenigstens bei der Salpetersäure, in einer Zersetzung dieser Säure bestände, hervorgebracht durch den Sauerstoff der oxydirten Platinfläche, wie es der Fall ist mit den Hyperoxyden, namentlich denen des Bleis und Mangans. Ich werde später auf diesen Punkt zurückkommen, wo ich zugleich die Vorgänge bei andern Metallen untersuche, bei Gold und Palladium, die analoge Eigenschaften wie das Platin besitzen.

III. Von einigen anderen Erscheinungen, die man der Oxydation des Platins zuschreiben kann.

Eine Erscheinung, welche beweist, mit welcher Leichtigkeit das Platin sich oxydirt, ist der Zustand eines Platindrahts, der einige Zeit zur aphlogistischen Lampe gedient hat. Man nehme einen schraubenförmig aufgerollten Platindraht von etwa 0,5 Millimet. Durchmesser, reinige ihn sorgfältig durch Legen in Salpetersäure, wasche ihn dann mehrmals in destillirtem Wasser, trockne ihn und stecke ihn auf eine Weingeistlampe. Man zünde

die Lampe an, so daß der Draht roth glühe, lösche dann die Flamme aus, und der Draht bleibt durch die Wirkung der Alkoholdämpfe glühend. Unterhält man den Vorgang 24 oder besser 48 Stunden, so wird der Draht, der vorher vollkommen blank war, nachher eine pulverförmige gräuliche Oberfläche zeigen, ganz ähnlich der von Drähten, die zur abwechselnden Entwicklung von Sauerstoff und Wasserstoff gedient haben. Diese Erscheinung kann nur von abwechselnden Oxydationen und Reductionen herrühren, die der Draht durch Wirkung des Sauerstoffs der Luft und der Alkoholdämpfe erlitten hat. Sie ist der ganz ähnlich, welche Kupferdrähte zeigen, die lange der Wirkung einer Alkohollampe ausgesetzt gewesen sind, und die, durch die abwechselnden Oxydationen und Reductionen, welche sie erfahren, bald zu Staub zerfallen. Ich habe mehrmals den Versuch wiederholt, mit der Sorgfalt, vollkommen reinen Alkohol und Amianthfäden, statt des Baumwollenfadens, anzuwenden. Er ist mir immer sehr gut gelungen. Die Drähte, deren Oberfläche pulverförmig geworden ist, sind für die aphlogistische Lampe weit vorzüglicher als die andern. Sie glühen auf einer weit größeren Strecke und mit weit mehr Lebhaftigkeit; ein neuer Beweis, daß die Erscheinung der aphlogistischen Lampe auf einer Reihe abwechselnder Oxydationen und Reductionen beruht, welche der Zustand der Entfestung des Metalls erleichtert.

Ich habe auch die Oberfläche eines wohl gereinigten Platindrahts pulverförmig gemacht, indem ich mich desselben, statt des Platinschwamms, zur Entzündung des Wasserstoffs in der Luft bediente. Nachdem der Draht zu wiederholten Malen und jedes Mal 10 bis 15 Minuten lang durch den Wasserstoff glühend gemacht worden, war seine Oberfläche gräulich und leicht pulverförmig. Der Versuch gelingt noch besser, wenn man den schraubenförmigen Platindraht mittelst eines hindurch-

geleiteten Volta'schen Stroms erhitzt, aber nicht bis zum Glühen. Man richtet, mittelst eines Hahns mit doppelter Oeffnung, einen mit atmosphärischer Luft gemischten Strom von Wasserstoffgas auf den Draht, und findet dann dessen Oberfläche nach einiger Zeit ein grauliches Ansehen besitzend.

Geben nicht die vorstehenden Versuche den Beweis, daß das von Döbereiner beobachtete Phänomen von einer Reihe abwechselnder Oxydationen und Reductionen herrührt? Die an der Luft oxydirte Oberfläche des Platins wird sogleich vom Wasserstoff reducirt, dann abermals oxydirt, wieder reducirt und so fort. Diese Abwechslungen folgen einander rasch, und daraus entsteht die Temperatur-Erhöhung, welche das Platin glühend macht und zuletzt den Wasserstoff entzündet. Was diese Erklärung zu unterstützen scheint, ist, daß alle Umstände, welche die Oxydation des Platins am meisten begünstigen, auch die sind, welche zum Gelingen des Döbereiner'schen Versuchs erfordert werden. So z. B. haben Dulong und Thénard bemerkt, daß das Platin, um im Wasserstoffstrom an der Luft glühend zu werden, vollkommen rein seyn muß, und daß es zu dem Ende gut ist, es mit Salpetersäure zu waschen. Flächengröße, Zertheilungszustand begünstigen ebenfalls die Erzeugung des Phänomens. Wenn man die über diesen Gegenstand gemachten Arbeiten liest, besonders die von Faraday, so findet man, daß die günstigsten Bedingungen, um mittelst Platin die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff zu veranlassen, auch diejenigen sind, welche die Oxydation dieses Metalls am meisten erleichtern.

Gegen die eben aufgestellte Erklärung kann man einwenden: 1) daß es Fälle giebt, wo die Wirkung gewisser Substanzen die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff herbeiführt, ohne daß man eine Reihe abwechselnder Oxydationen und Reductionen annehmen

kann; 2) daß selbst der Platinschwamm gewisse Verbindungen veranlaßt, die man nicht auf dieselbe Weise wie die Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff erklären kann. Wenn diese Einwürfe gegündet wären, müßte man für den Döbereiner'schen Versuch eine neue Kraft annehmen, die Kraft, welche Berzelius die *katalytische* nennt.

Was den ersten Einwurf betrifft, so bemerke ich, daß die Fälle, wo Sauerstoff und Wasserstoff durch Vermittlung von Substanzen vereinigt werden, für welche man unmöglich eine Reihe von Oxydationen und Reductionen annehmen kann, solche sind, bei welchen man eine sehr hohe Temperatur und Nichtleiter der Electricität angewandt hat. Dergleichen sind: Glas- oder Porcellanstücke, welche man sehr stark auf Quecksilber erhitzt, und in welchen man also einen elektrischen Zustand hervorruft, der wahrscheinlich die Verbindung der Gase durch die kleinen alsdann erfolgenden Entladungen herbeiführt. In der That, macht man den Versuch im Dunkeln, so sieht man einen schwachen Schimmer, analog dem, welchen man gewahrt, wenn man Quecksilber in einer stark erhitzten Porcellanschale bewegt. Alle Fälle der Art, die von Dulong und Thénard in ihrer Abhandlung erwähnt werden, scheinen mir sich auf diese Weise erklären zu lassen. Sie haben somit, in ihrer unmittelbaren Ursache, keine Beziehung zu dem von Döbereiner entdeckten Phänomen.

Der zweite Einwand ist stärker. Hr. Kuhlmann hat eine Reihe mittelst des Platins dargestellter chemischer Verbindungen beschrieben, die sich nur schwierig in die Erklärung fügen, welche ich für die Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff gegeben habe. Studirt man indess mit Sorgfalt alle von Hrn. Kuhlmann beobachteten Thatsachen, so kann man sie, glaube ich, durch die gewöhnlichen chemischen Actionen erklären, ohne einer neuen und speciellen Kraft zu bedürfen. Man
muß

mufs nicht aus dem Auge verlieren, dafs wenn das Platin, wie ich gezeigt zu haben glaube, sich oxydiren kann, daraus zwei wichtige Folgerungen für die Erscheinungen entspringen, wo man Platin mit verschiedenen Substanzen in Berührung setzt. Die erste ist: dafs wenn das Platin Sauerstoff aus einer Verbindung aufnimmt, der andere Bestandtheil derselben, als in den *status nascenti* gesetzt, dadurch eben fähiger wird, sich mit einer dritten, ihm dargebotenen Substanz zu verbinden. Die zweite Folgerung besteht darin, dafs der Sauerstoff, den das Platin an seiner Oberfläche condensirt enthält und bereit ist abzugeben, eben durch diese Condensation sich in einem weit geeigneteren Zustand zur Bildung einer Verbindung befindet als wenn er in Gasform ist.

Geht man diesen beiden Folgerungen nach, so lassen sich alle von Hrn. Kuhlmann beobachteten Erscheinungen, bis auf wenige Ausnahmen, leicht erklären. Nur diejenigen, bei welchen der Sauerstoff anscheinend nicht mitwirkt, sey es im ungebundenen oder gebundenen Zustand, bieten einige Schwierigkeit in ihrer Erklärung. Allein in diesen Fällen könnte möglicherweise die atmosphärische Luft und der darin enthaltene Sauerstoff eine Rolle spielen; es wäre auch möglich, dafs das Platin sich mit Kohle, Schwefel oder Cyan auf gleiche Weise und eben so leicht verbände, wie mit Sauerstoff. Ich werde mich indess nicht länger bei diesem besonderen Punkt aufhalten, der speciell und mit Hülfe des Experiments untersucht zu werden verdient. Ich begnüge mich, meine Ansicht darin zusammenzufassen, dafs ich sage, die oberflächlichen chemischen Actionen, deren die Oberfläche des Platins fähig ist, scheinen mir auf eine genügende Weise die Verbindungs-Erscheinungen zu erklären, welche durch die Gegenwart dieses Metalls bedingt werden, und die man allgemein einer *katalytisch* genannten Kraft zugeschrieben hat.

Ich kann diesen Paragraphen nicht schliessen, ohne

nicht von einem Phänomen zu sprechen, welches sich mir gleichfalls auf die Oxydation des Platins zu beziehen scheint. Ich meine den eigenthümlichen Geruch, welchen man an dem am positiven Pol entwickelten Sauerstoff bemerkt, wenn man Wasser durch die Säule zersetzt und dasselbe durch Gold- und Platindrähte in deren Kreis einschaltet. Jedem, der nur einige Male mit der Säule gearbeitet hat, muß dieser Geruch aufgefallen seyn. Ich hatte ihn oft bemerkt, allein Herr Schönbein hat ihn zuerst mit besonderer Sorgfalt studirt und zum Gegenstand sehr interessanter Untersuchungen gemacht ¹).

Hrn. Schönbein überraschte die Aehnlichkeit zwischen diesem Geruch und dem, welchen die Entladungen der gewöhnlichen Elektrisirmaschine und Blitzschläge hinterlassen. Er glaubt denselben einer eigenthümlichen, äußerst subtilen Substanz zuschreiben zu müssen, welche, von gleicher Natur mit dem Chlor oder Fluor, eine große Verwandtschaft zu oxydirbaren Körpern besitze, und, da sie in der Luft oder im Wasser im Verbindungszustand enthalten sey, von dem Körper, mit welchem sie verbunden ist, durch die zerlegende Kraft der Elektricität abgeschieden werde. Für diese neue Substanz schlägt er den Namen *Ozon* vor.

Ich bekenne, daß ich bei sorgfältiger Wiederholung der sinnreichen Versuche des Hrn. Schönbein, denen ich noch einige hinzugefügt habe, zu einem anderen Schluß gelangt bin. Ich verweile nicht bei den verschiedenen Einwürfen, die mir seine Hypothese darzubieten scheint. Ich begnüge mich nur zwei anzudeuten. Die erste ist: daß man nicht deutlich einsieht, mit welcher Substanz das *Ozon* in der Luft oder dem Wasser verbunden seyn soll. Etwa mit Wasserstoff? Allein dann müßte ein Ueberschuß von Wasserstoff in der

1) *Bibl. univ. N. S. T. XXVIII p. 342 (Aug. 1840).* (*Annalen, Bd. L S. 616.*)

Zusammensetzung des Wassers enthalten seyn, und man müßte Wasserstoff in der Luft finden, die auch Ozon enthalten soll. Der zweite Einwurf besteht darin, daß Hr. Schönbein annimmt, instantane elektrische Entladungen, wie die einer Leidner Flasche oder der Blitz, haben eine zersetzende Kraft. Meiner Meinung nach ist dem nicht also, vielmehr zur Scheidung von Sauerstoff und Wasserstoff, und folglich auch zur Abtrennung des *Ozons*, ein continuirlicher Strom erforderlich. So lange endlich das Ozon nicht isolirt worden, ist es schwierig die Existenz desselben anzunehmen, wenigstens zu Gunsten desselben so kräftige Beweise herbeizuschaffen als die, welche es für das Daseyn des Fluors giebt.

Bei Wiederholung der Versuche des Hrn. Schönbein habe ich mich überzeugt, wie er, daß man die Ursache dieses Schwefel- oder Phosphorgeruchs nicht in fremden, dem zersetzten Wasser beigemengten Substanzen zu suchen habe. Allein ich bin noch der Ansicht, die ich vor der Veröffentlichung der Arbeit des Hrn. Schönbein hegte, nämlich, daß dieser Geruch von dem Metall herrührt, welches als Pol der Säule in der Flüssigkeit dient.

Mit einer sehr starken Säule fand ich zunächst die Thatsache bestätigt, daß, in der Luft wie im Vacuo, sehr zarte Metalltheilchen vom positiven Pol zum negativen übergeführt werden; ich bediente mich dazu, statt der Kohlenspitzen, zweier Stücke Platinschwamm, die einander sehr nahe waren, sich aber nicht berührten. Ich habe sogar bei diesem Versuch etwas vom Geruch verspürt. Ich bemerkte ihn auch, wenn ich mäfsig angesäuertes Wasser durch einen sehr starken Strom zersetzte, mittelst zweier Platindrähte oder nicht sehr großer Platinplatten. Nach einer gewissen Zeit und wenn sich die vom Strom durchlaufene Flüssigkeit stark erhitzt hat, erblickt man ein schwarzes Pulver, welches fein zertheiltes Platin ist. Es scheint sich von dem Draht oder der

Platte des positiven Pols Platin abzulösen. Ich bin daher zu glauben geneigt, dafs der zum positiven Pol aus tretende Strom ungemein zarte Theilchen des Metalls, aus dem dieser Pol besteht, mit sich führt, dafs diese oxydirten Theilchen zum Theil fortgerissen werden von dem Sauerstoff, welcher sich an der Oberfläche des Metalls entwickelt, wo der Strom sie ablöst, und dafs sie somit in diesem Gase schweben bleiben und durch ihre Gegenwart zu dem erwähnten Geruche Anlafs geben. Dieser Geruch würde also von sehr zarten Theilchen eines Metalloxyds herrühren ¹⁾).

Die Gegenwart oxydirbarer Körper mufs, wie Hr. Schönbein bemerkt hat, diesen Geruch verschwinden machen, weil sie sogleich eine Reduction des Platinoxids bewirkt. Die Temperatur-Erhöhung der Flüssigkeit wird dasselbe bewirken, weil sie das Oxyd reducirt. In der That ist es ein merkwürdiger Umstand, dafs wenn der Strom sehr stark ist und er die Flüssigkeit lang genug durchlaufen hat, um sie bedeutend zu erhitzen, keine Spur von Geruch mehr da ist.

Alle diese, von der Erfahrung bestätigten Resultate stimmen sehr wohl mit meiner Hypothese. Allein folgende Thatsache scheint ihr vorzüglich günstig zu seyn.

Bedient man sich zur Zersetzung eines schwach gesäuerten Wassers, z. B. eines, welches 0,04 Vol. Schwefelsäure enthält, einer schwach geladenen constanten Säule von 10 Elementen, so bemerkt man keine Spur von Geruch, wenn man als Pole zwei Platten oder zwei lange Drähte von Platin nimmt. Wenn man aber, ohne an der Platte oder dem Draht des negativen Pols etwas zu ändern, die Oberfläche des als positiver Pol dienenden Drahts beträchtlich verringert, sey es, dafs man sie

- 1) Diese oxydirten Metalltheilchen, welche vom Platindraht abgelöst werden, erklären, weshalb, wie wir oben gesehen, bei Zersetzung des Wassers immer ein stärkerer Antheil vom Sauerstoff als vom Wasserstoff verschwindet, besonders wenn der Strom stark ist.

mit Wachs überzieht und nur in einigen Punkten die Flüssigkeit unmittelbar berühren läßt, oder indem man den Draht in eine Glasröhre einschließt, so daß nur allein das Ende mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, so erhält man, obwohl der Strom weit schwächer ist, da er weniger leicht in die Flüssigkeit übergehen kann, einen ungemein starken Geruch. Ueberdies findet man, wenn die Zersetzung einige Zeit gedauert hat, die Theilchen des Platins, zu welchen der Strom austreten konnte, leicht zerfressen. — Wenn also der Strom bei seinem Uebergang vom positiven Pol in die Flüssigkeit gehindert und dadurch in einigen Punkten verdichtet wird, führt er beim Austritt diese Metalltheilchen mit fort, welche, oxydirt, den erwähnten Geruch geben. — Mit einer sehr starken Säule zeigt sich im Allgemeinen der Geruch leichter, weil der Strom, als stärker, beim Durchgang durch dieselben Leiter, welche einen weniger intensiven Strom nicht hindern (*gênent*), gehindert (*gêné*) seyn wird; allein, selbst wenn er schwach ist, kann man den Geruch hervorrufen, wenn man seinen Uebergang hindert.

Was den Geruch betrifft, welcher elektrische Entladungen und Blitzschläge begleitet, so ist es noch leichter zu erweisen, daß er von sehr zertheilten, durch die Elektrizität mit fortgeführten Substanzen herrührt. Die Thatsache dieser Fortführung ist durch die zahlreichen Versuche von Priestley bewiesen; derselbe hat gezeigt, daß der Funke aus dem Conductor einer Maschine mit Metalltheilchen beladen ist, welche von diesem Conductor abstammen und im Sinn der positiven Elektrizität gehen. Eben so hat Fusinieri das Daseyn dieser Fortführung bei dem Blitze nachgewiesen. Der Lichtbüschel, welchen die positive Elektrizität beim Austritt aus einem Conductor bildet, rührt wahrscheinlich nur von der Verbrennung äußerst feiner Theilchen her, welche diese Elektrizität mit sich führt. In diesen sehr zertheilten und oxydirten Moleculen liegt eben der Sitz des Ge-

ruchs, welcher diese Entladungen begleitet, besonders wenn sie intensiv sind und lange Zeit gedauert haben. Alle von Hrn. Schönbein angeführte Thatsachen reichen dieser Erklärung zur Stütze. Die Thatsache, daß das Wasser diesen Geruch auffängt, rührt daher, daß es die metallischen Ausflüsse des Conductors aufnimmt. Der Einfluß der Wärme, welche die Oxyde reducirt, muß auch, wie die Erfahrung lehrt, das Aufkommen des Geruches verhindern. Endlich sind zwei von Hrn. Schönbein erwähnte Beispiele von einem starken Geruch nach einem Blitzschlage ebenfalls meiner Hypothese günstig, weil in diesen beiden Fällen der Blitz in eine Thurmspitze einschlug, folglich metallische Leiter traf.

Ein Einwand, der sich gegen die eben aufgestellte Erklärung erheben ließe, ist die Einerleiheit des Geruchs, aus was für ein Metall auch die Elektrizität austreten mag. Wenn die Ursache des Geruchs in dem Metall-oxyde liegt, so könnte man sagen, müßte dieser Geruch mit der Natur dieses Oxydes variiren. — Darauf erwidere ich: es ist sehr natürlich, daß so ähnliche Körper, wie die Oxyde von Platin, Gold, Silber und Kupfer, auch einen ähnlichen Geruch besitzen. Ueberdies ist unser Geruchssinn nicht so vollkommen, daß er sehr zarte Abstufungen zwischen verschiedenen Gerüchen unterscheiden könnte. Beim Einathmen jenes riechenden Gases, einer zur Wahrnehmung des Geruchs noch besseren Methode, da dabei Geschmacks- und Geruchssinn zugleich afficirt werden ¹⁾, habe ich endlich gefunden, und nicht bloß ich allein, daß in der Wirkung, welche das besagte Princip auf jene beiden Organe hervorbringt, merkliche Verschiedenheiten da sind, je nachdem die Drähte, welche den Strom in das gesäuerte Wasser leiten, aus Platin, Gold oder Silber bestehen. Der

1) Dieß Verfahren lernte ich von Hrn. Melly, der es von Hrn. Schönbein selber hat, dessen Versuche er gesehen.

Eindruck war beim Platin und Silber weit unangenehmer und schärfer als beim Gold. Mit Kupferdrähten erhielt ich gleichfalls eine Empfindung, zwar eine schwächere als bei den übrigen Metallen, weil das Kupferoxyd sich fast gänzlich im gesäuerten Wasser löst, doch aber von etwas anderer Natur als die, welche ich mit Platin, Gold und Silber bekam. Bei allen diesen Versuchen war das von mir angewandte Wasser destillirtes, vermisch mit einer kleinen Menge sehr reiner Schwefelsäure.

Ich füge noch hinzu, dafs man, wenn man mit Golddrähten arbeitet, anfangs einen sehr starken Geruch bekommt; darauf sieht man nach und nach den Golddraht, der als positiver Pol dient, ein röthliches Ansehen annehmen, eine Anzeige von seiner Oxydation, während das Sauerstoffgas und der Geruch zugleich abnehmen, bis der Draht eine ganz röthliche Farbe angenommen hat. Vertauscht man nun die Pole, so zeigt der Draht, der röthlich geblieben ist, sogleich eine pulverförmige Oberfläche, eine Folge der Reduction des Oxyds. Bringt man den Draht wiederum in Verknüpfung mit dem positiven Pol, so tritt der Geruch zu Anfange abermals mit grofser Stärke auf.

Ich habe wohl nicht nöthig hinzuzufügen, dafs die so ausgezeichnete negative Polarität, welche Drähte oder Platten von Gold und Platin bei Einsenkung in den mit dem riechenden Princip beladenen Sauerstoff erlangen, wahrscheinlich von einer Ablagerung des darin schwebenden Oxyds auf ihre Oberfläche herrührt. Wie ich oben gezeigt, ist sehr zertheiltes Platin, im oxydirten Zustande, ungemein negativ, wenn es mit ausgewalztem oder zu Draht gezogenem Platin eine Kette bildet. Wahrscheinlich sind es also auch Platin- oder Goldtheilchen, welche, durch den Strom zu den als negativen Pol dienenden Drähten oder Platten hingeführt und daselbst durch den entwickelten Wasserstoff vollständig reducirt, die

starke positive Polarität dieser Drähte und Platten bewirken. Diese Polarität ist weit stärker als die, welche dieselben Metalle durch bloße Eintauchung in gewöhnliches Wasserstoffgas erlangen.

(Schluß im nächsten Heft S. 477.)

VI. *Bemerkungen zu einem Aufsätze von Henrici, „zur Galvanometrie“ überschrieben;
von H. Buff.*

Im 43. Baude dieser Annalen hat Henrici eine Abhandlung mitgetheilt, worin er es der Mühe werth hält (S. 290) zwei kleine Arbeiten, die ich vor einigen Jahren in den Liebig'schen Annalen bekannt machte, einer besonderen Prüfung zu unterwerfen.

In der einen dieser Arbeiten hatte ich mir zur Aufgabe gemacht, auf rein experimentellem Wege zu zeigen, daß die bewegende Kraft des elektrischen Stroms, oder was Faraday damals mit dem Worte *Intensität* bezeichnete, und seinen Versuchen nach für eine eigenthümliche Eigenschaft des Stroms ansehen zu müssen glaubte, vollkommen identisch sey mit dem, wofür man in der statischen Elektricitätslehre den Ausdruck *elektrische Tension* oder *Spannung* gewählt hat.

Ich begann zu dem Ende hervorzuheben, daß in der galvanischen Kette eine Vermehrung der Paare nur für den Fall unvollkommener Schließung von Nutzen ist, und indem ich mich streng an die sinnliche Wahrnehmung hielt, drückte ich mich mit den Worten aus: *die Fähigkeit eines unvollkommenen Leiters, die Elektricität durchzulassen, werde durch Vergrößerung der Batterie erhöht.*

Ich sollte denken dieser einfache Ausspruch eines so bekannten Erfahrungssatzes müßte wahr bleiben, wie man auch im Laufe der Zeit denselben erklären mag. Eine solche Erklärung zu geben, lag jedoch nicht in meinem Zweck. Mir war es nur darum zu thun, zu zeigen, daß jene Fähigkeit der unvollkommenen Leiter mit anderen bekannten Erscheinungen im genauesten Zusammenhange steht. Nun weiß man, daß schlechte Leiter, welche für eine elektrische Ladung von ganz geringer Dichtigkeit so gut wie Isolatoren angesehen werden dürfen, eine stärker gespannte Elektrizität gleichwohl durchlassen. Die Vermuthung liegt also nahe genug, daß etwas Aehnliches auch bei dem Schließungsleiter der galvanischen Kette eintritt. Ich untersuchte demzufolge mit Hülfe des Elektrometers die elektrische Spannung an verschiedenen Punkten der geschlossenen Kette, und fand, daß dieselbe bei unvollkommener Schließung, nach den Polen hin in dem Maasse zunimmt, als die leitende Verbindung beider Pole unvollkommener, und die Anzahl der wirksamen Glieder der Kette vermehrt wird; daß also die mangelhaft geschlossene Säule ein, demjenigen der ganz offenen sehr ähnliches Verhalten zeigt.

Demnach glaubte ich mich unbedenklich zu dem Schlusse berechtigt: *daß der Nutzen zusammengesetzter Ketten nur darin besteht, durch Erzeugung einer stärker gespannten Elektrizität, an solchen Stellen der Kette, wo schlechtere Leiter eingeschlossen sind, den Uebergang des Stroms zu bewirken.* Oder mit andern Worten: wenn ein unvollkommener Leiter ein Glied der geschlossenen Kette bildet, und wenn durch diese Kette stets dieselbe Menge Elektrizität geführt werden soll, so ist es *wesentlich* an den Gränzpunkten des eingeschalteten Leiters eine um so größere Spannung hervorbringen zu können, je mangelhafter seine Leitfähigkeit ist.

Mein Zweck, die gesteigerte forttreibende Kraft der

zusammengesetzten Kette mit anderen bekannten Wirkungen der Elektrizität in Einklang zu bringen, oder das Unbestimmte in dem Begriffe des Faraday'schen Ausdrucks *Intensität* aufzuklären war somit erreicht.

Die Ausdehnung der vorerwähnten experimentellen Untersuchung auf die sogenannten Zwischenplatten oder auf mehrere indifferente Zellen in derselben Säule, lag jedoch so nahe, daß ich mich in der zweiten Arbeit auch darauf einliefs.

Nach den Grundsätzen der Ohm'schen Theorie wird, wie bekannt, *die elektrische Spannung* als die eigentliche Triebkraft des Stroms betrachtet. Da nun meiner Arbeit dieselbe Vorstellung zu Grunde liegt, so begreift es sich, daß meine elektrometrischen Versuche (und nur auf diese kann ich, als mir angehörend, Ansprüche machen) zu Resultaten führen mußten, die sich nach dem Ohm'schen Gesetze voraussehen ließen. Aber der experimentelle Beweis, daß in der unvollkommenen geschlossenen Kette, ähnlich wie in der ganz offenen, die elektrische Spannung nach den Polen hin zunimmt, fehlte bisher. Einige Versuche hierüber schienen mir daher nicht überflüssig, und das bestätigende Resultat, das sie lieferten, der Erwähnung nicht unwerth.

Sicherlich hat Henrici dies anerkannt, indem er dieser Arbeit einige Aufmerksamkeit widmete, und indem er bestätigte, daß die Resultate derselben mit dem Ohm'schen Gesetze übereinstimmen. Auch war diese Uebereinstimmung durchsichtig genug. Gleichwohl findet er, daß die von mir gezogenen, schon oben erwähnten Folgerungen mit den Grundsätzen der Ohm'schen Theorie unverträglich seyen! Henrici hatte wohl, da er dies niederschrieb, übersehen, daß meine Schlüsse nicht anders waren, als der wörtliche Ausdruck für die beobachteten Thatfachen, gegründet auf eben die Vorstellung, von welcher auch Ohm ausging.

Henrici macht dann dem zweiten Theile meiner

Arbeit einen ähnlichen Vorwurf; auch hier sollen meine Schlüsse mit den Grundsätzen der Ohm'schen Theorie nicht bestehen können. In dieser zweiten Arbeit gelangte ich nun zunächst zu dem Schlusse, daß jede Zwischenzelle einen gleichen Antheil von der bewegenden Kraft der Säule in Anspruch nimmt, daß übrigens die Ordnung, nach welcher man die Zwischenzellen einschaltet, gleichgültig ist.

Sehen wir was das mathematische Gesetz hierüber sagt:

Indem ich mich der von Henrici gewählten Zeichen bediene, ist die Quantität der durch eine Kette mit einer indifferenten Zelle strömenden Elektrizität:

$$Q_n = \frac{nA}{nR+r}.$$

Nun soll eine zweite Zwischenplatte von derselben Art an einem beliebigen Punkte eingesetzt werden, und die Quantität Q_n soll ungeändert bleiben. Dieser Bedingung kann aber auf keine andere Weise als durch Verdoppelung der wirksamen Zellen genügt werden, denn nur in diesem Fall erhält man $\frac{2nA}{2nR+r+r} = \frac{nA}{nR+r} = Q_n$, d. h. mit Worten: jede Zelle verlangt einen gleichen Antheil der Triebkraft.

Ich kann jetzt um so mehr unterlassen auf das weitere Detail meiner zweiten Arbeit einzugehen, als auch Henrici sich damit begnügt, meine Ansichten zu verwerfen, ohne übrigens irgend Gründe dafür anzugeben, und da überdiß aus dem Vorhergehenden zur Genüge hervorgeht, daß sein Urtheil kein ganz unbefangenes genannt werden kann.

Schließlich stimme ich ihm gern bei, daß die Ohm'sche Theorie ein höchst wichtiges Hülfsmittel ist für unsere Forschungen in der Elektrizitätslehre, wenn ich mich auch nicht dazu verstehen mag einer Sitte nachzuahmen,

die, vielleicht um früher Versäumtes nachzuholen, gegenwärtig allerdings ziemlich verbreitet ist, ich meine das Bestreben, bei jeder noch so unbedeutenden Gelegenheit das Ohm'sche Gesetz voranzustellen. Es läßt sich aus einem solchen Verfahren für die Fortschritte der Wissenschaft kaum mehr Nutzen erwarten, als aus dem eines jungen Kandidaten, der mir kürzlich mit vielem Aufwande von höherem Calcül sehr richtig nachwies, daß der Schwerpunkt einer geraden Linie in deren Mitte liegt ¹).

VII. *Notiz über die secundären galvanischen Ströme; von F. C. Henrici.*

Hr. Pfaff hat sich der geneigten Bemühung unterzogen, einen von mir herrührenden Versuch einer ausführlichen Wiederholung und Discussion zu unterwerfen. Die Resultate, welche Derselbe dabei erhalten hat (Annalen, Bd. LIII S. 20), weichen in einigen wesentlichen Punkten von den meinigen ab, und demnach hält Hr. Pfaff meine Deutung des fraglichen Versuchs nicht für zulässig. Obgleich ich keinen Grund auffinden kann, in meine eigenen Versuche irgend ein Mißtrauen zu setzen, so habe ich es doch, dem genannten verehrten Gelehrten gegenüber, für meine Pflicht gehalten, eine neue Wiederho-

- 1) Der geehrte Verf. wird dieß sicher nur von dem Mißbrauch des Ohm'schen Gesetzes verstehen wollen, der sich mit diesem so gut wie mit jeder Sache treiben läßt. Sonst dürfte dem Galvaniker wohl eben so wenig ein Vorwurf daraus entspringen, daß er dieses Gesetz (dessen Wichtigkeit noch erst neuerlich durch Verleihung der Copley'schen Medaille an seinen Urheber von der *Royal Society* zu London öffentlich anerkannt worden ist), häufig im Munde führt, als man den Optiker oder Chemiker tadeln könnte, weil er so oft von der Interferenzformel oder der Atomentheorie spricht. P.

lung des Versuchs zu unternehmen, und erlaube mir nur die Ergebnisse derselben in Kürze mitzutheilen.

Zunächst ist Hr. Pfaff mit meiner Erklärung derjenigen galvanischen Wirkung nicht einverstanden, welche auf einen Metalldraht durch ein mit diesem in einer und derselben Flüssigkeitsmasse befindliches Zinkplättchen dann ausgeübt wird, wenn beide *nicht* metallisch mit einander verbunden sind. Ich habe diese Wirkung aus der elektromotorischen Action zwischen dem Metalldraht und dem durch die chemische Wasserzersetzung, welche das Zink bewirkt, frei werdenden Wasserstoff erklärt, welcher zufolge der Draht negative Electricität annehmen muß, wie es denn auch in dem Versuche der Fall ist. Alle meine Erfahrungen über diesen Gegenstand rechtfertigen diese Erklärung, und ich kann dafür unter andern auch noch den folgenden Beweis hinzufügen. Wenn man nämlich in zwei durch eine poröse Scheidewand von einander getrennte und mit schwefelsaurem Wasser gefüllte Zellen zwei homogene Platindrähte einsetzt, und diese durch einen empfindlichen Multiplicator verbindet, so darf man nur in die eine Zelle neben dem darin befindlichen Platindraht einen Streifen von *Zinn* oder *Blei* (und diese können sogar an ihrer Oberfläche amalgamirt seyn) einsenken, um alsbald eine deutliche Bewegung der Multiplicatornadel in einer der angegebenen elektromotorischen Action entsprechenden Richtung wahrzunehmen. In diesem Falle ist also schon die geringfügige Wasserstoffentwicklung, welche Zinn und Blei bewirken, hinreichend, den Platindraht im entsprechenden Sinne, wie man zu sagen pflegt, zu polarisiren. Wie viel mehr muß dieses nun nicht mit Zink (und eben so auch mit Eisen) selbst in neutralen Salzlösungen der Fall seyn!

Wenn nun weiter, während die Drähte *a* und *b* (Bd. LIII, Taf. I Fig. 1) durch den Multiplicator verbunden sind, die kleine Kette geschlossen wird, so entsteht, wie die Bewegung der Magnetnadel zeigt, stets ein gal-

vanischer Strom in dem erstgenannten Leitungsbogen, welcher von dem der Kupferplatte anliegenden Drahte in die Flüssigkeit, von dieser in den andern Draht, und von diesem in den Multiplicator übergeht. Hr. Pfaff will nun, daß dieser Strom nichts anderes als ein durch die eben genannte als Nebenschließung fungirende Leitung hervorgerufener Nebenstrom sey, was derselbe, wie ich selbst bereits früher erörtert habe, seiner Richtung nach allerdings seyn könnte. Wenn Hrn. Pfaff's empfindlicher Multiplicator einen solchen Nebenstrom wirklich erkennen lassen sollte, so wäre die Form des Versuchs freilich nicht geeignet, eine unzweideutige Entscheidung herbeizuführen. Ich habe daher jetzt die folgende Einrichtung gewählt. Zwischen ein doppelt gebogenes Zink- und Kupferblättchen z und k (Fig. 9 Taf. II), welche durch Anschrauben an ein Holzstückchen h fest mit einander verbunden werden, konnte das die beiden mit Quecksilbernäpfchen versehenen Platindrähte a und b tragende Korkstückchen n so eingesetzt werden, daß die Drähte die Metallplättchen berührten. Die Drähte waren jedoch mit einem feinen baumwollenen Faden einfach umwickelt. Diese Vorrichtung wurde dann in ein passendes Glas gestellt, und die zu prüfende Flüssigkeit in dieses eingegossen. Die vor und nach der Schließung der Kette zu beobachtenden Erscheinungen waren ganz dieselben als die früheren, und es kam nun also darauf an zu beweisen, daß sie im letzten Falle im Wesentlichen nicht von einem Nebenstrom hergeleitet werden können. Zu dem Zwecke blieben die beiden Platindrähte während der Schließung der Kette *ohne* metallische Verbindung, und wurden, nachdem sie so eine Zeit lang in der geschlossenen Kette gestanden, vermittelst des sie tragenden Korkstücks herausgehoben, in ein anderes mit derselben Flüssigkeit wie die Kette gefülltes Glasgefäß eingesetzt und dann mit dem Multiplica-

tor verbunden. Es erfolgte darauf sofort eine mehr oder minder beträchtliche Ablenkung der Magnetnadel in derselben Richtung wie früher, so daß auch jetzt das Vorhandenseyn eines von dem dem Kupferplättchen anliegend gewesenen Drahte in die Flüssigkeit übergehenden elektrischen Stromes keinem Zweifel unterlag. Wenn, nachdem dieser Strom erloschen war, die Drähte auf die angegebene Weise wieder in die Kette eingesetzt, und nach einiger Zeit abermals in das zweite Gefäß übertragen wurden, so trat die vorige Ablenkung der Multiplikatornadel aufs Neue ein; ja es wurde sogar, wenn die Drähte alsdann in verwechselter Stellung in die geschlossene Kette eingesenkt wurden, dadurch ihr elektrischer Zustand *umgekehrt*, indem der auf die angeführte Weise zu beobachtende elektrische Strom stets von dem nahe am Kupfer gewesenen Drahte in die Flüssigkeit überging.

Diese Erfolge liefern, wie ich glauben muß, für die Richtigkeit meiner Ansicht von den secundären elektrischen Strömen einen neuen sprechenden Beweis; und man kann, dünkt mich, nicht wohl deutlicher vor Augen legen, daß das Wesen der sogenannten galvanischen Polarisierung oder Ladung der Metalle lediglich in den Zersetzungen seinen Grund habe, welche jeder flüssige Leiter unmittelbar an den ihn begrenzenden Metallflächen durch einen hindurchgehenden elektrischen Strom erleidet. Eine wirkliche materielle Veränderung der Metalloberflächen gehört offenbar nicht zum Wesen der Erscheinung, sondern ist vielmehr umgekehrt als störend für ihr Auftreten in voller Reinheit zu betrachten. Die Benennung »secundäre Ströme« rechtfertigt sich übrigens durch deren Ursprung wohl hinreichend von selbst; ob solche aber, in aller Strenge gesprochen, in den geschlossenen Ketten selbst wirklich vorhanden sind, oder ob in denselben nur secundäre, den primären entgegengesetzte *Wirkungen* existiren, dieß wird davon abhängen, ob die elek-

trische Bewegung eine fließende oder eine undulatorische ist. Nur im letzten Falle kann jenes Erstere, wie man glauben muß, stattfinden.

Meine Versuche wurden mit Lösungen von Salmiak, Kochsalz und schwefelsaurem Kali angestellt. In der That darf man nur ähnliche Flüssigkeiten zu diesen Versuchen anwenden; und man überschreitet die in der Sache selbst liegenden Gränzen, wenn man, wie Hr. Pfaff, Flüssigkeiten dazu wählt, welche durch das Zink eine kräftige chemische Zersetzung erleiden. Findet an demselben z. B. eine beträchtlichere chemisch erfolgende Wasserstoffentwicklung statt, wie es in diluirten Säuren der Fall ist, so wird dadurch offenbar die elektrisch bewirkte Wasserstoffentwicklung am Kupfer compensirt und unwirksam gemacht. In solchen Fällen würde man den Versuch an Platinplatten machen müssen, die sich in dem Zersetzungsapparate einer kleinen Säule befinden.

Hr. Pfaff hat vor Kurzem mit Recht daran erinnert, daß schon Volta, mit seinem ungewöhnlichen Scharfblick, die von mir vertretene und immer mehr als die richtige sich ausweisende Erklärung der galvanischen Ladung aufgestellt habe. Indessen liegt es doch vor Augen, daß die zu Volta's Zeit vorhandenen Thatsachen zur gehörigen Begründung dieser Erklärung nicht hinreichend waren. Obgleich aber die jetzt bekannten Thatsachen für genügend in dieser Beziehung gehalten werden dürfen, so sind wir doch von einer umfassenden Kenntniß aller hierher gehörigen Erscheinungen noch weit entfernt. Eine solche ist aber zum Verständniß der mannigfaltigen Eigenthümlichkeiten, welche die galvanischen Ketten, je nach ihrer besonderen Zusammensetzung, bei einer fortdauernden Schließung erkennen lassen, unentbehrlich und es ist daher sehr zu wünschen, daß dieser Umstand eifrig untersucht werde. Ich selbst hoffe darüber bald einige Erfahrungen mittheilen zu können ¹⁾.

1) Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit einige störende Druckfehler

VIII. Ueber die Anwendung der Kohle zu Volta'schen Batterien.

(Briefliche Mittheilung vom Prof. R. Bunsen.)

Marburg, d. 1. Dec. 1841.

— Ich bin in dieser Zeit so sehr mit einer Arbeit über das isolirte Kakodylradical, das in allen seinen chemischen Beziehungen ein wahres organisches Metall ist, beschäftigt gewesen, daß ich nicht einmal meinen Vorsatz, Ihnen eine Beschreibung der Ihnen vielleicht schon bekannten kleinen Zink-Kohlen-Batterie für die Annalen zu übersenden, habe ausführen können. Sollten Sie es für der Mühe werth halten, eine Notiz darüber zu geben, so würde ich Ihnen mit großem Vergnügen einige Data dazu mittheilen, namentlich in Beziehung auf die Anfertigung der Kohlen und die Behandlung des Apparates, die einige Vorsichtsmafsregeln nöthig macht.

Ich habe jetzt eine Kohle durch mehrtägiges Glühen in einem Töpferofen so wirksam erhalten, daß ein einziges kleines Paar, welches in einem kleinen Trinkglase Platz hat, bei Anwendung von rauchender Salpetersäure (von der diese Kohle die Hälfte ihres Gewichts aufnimmt, ohne an der Oberfläche feucht zu seyn), einen Strom erzeugte, der einen 0^{mm},9 dicken und 205^{mm},0 langen Platindraht constant im Glühen erhält.

Ich bin so frei Ihnen einige vergleichende Messun-

bemerklich zu machen, welche sich in meinen Aufsatz im 52. Bande dieser Annalen eingeschlichen haben:

S. 334 Z. 1 v. u. statt ermitteln l. vermitteln.

— — — 17 v. o. st. Uebergangswiderstand l. Widerstand.

— 405 — 21 v. o. eine l. einer.

— — — 23 v. o. Nordpole l. Nadelpole.

gen der absoluten Stromintensität dieser Zink-Kohle-Combination und der Grove'schen Zink-Platin-Kette mitzutheilen, welche mit dem neuen Weber'schen Instrumente erhalten ¹⁾ und aus der Formel

$$\frac{1}{2\pi} R T \operatorname{tg} \varphi = I$$

berechnet sind, in welcher R den Halbmesser des dicken Galvanometerrings, T die horizontale Intensität des Erdmagnetismus (für Marburg nach der Gauss'schen Karte zu 1,88 geschätzt), und φ den Ablenkungswinkel bedeutet:

Zink-Platin.		Zink-Kohle.	
	qdc.		qdc.
Oberfläche des Platins	1,67	Oberfläche der Kohle	1,67
Oberfläche des Zinks	2,14	- - -	1,15
Spec. Gew d. Salpetersäure	1,380	- - -	1,380
Spec. Gew. d. Schwefelsäure	1,106	- - -	1,106
Ablenkung der Nadel	80° 30'	- - -	80° 45'
Absolute Stromintensität	180,20	- - -	185,15

Zink-Platin.		Zink-Kohle.	
	qdc.		qdc.
Oberfläche des Platins	1,67	Oberfläche der Kohle	1,67
Oberfläche des Zinks	2,14	- - -	1,15
Spec. Gew. der rothen rauchenden Salpetersäure	1,410	- - -	1,410
Spec. Gew. d. Schwefelsäure	1,106	- - -	1,106
Ablenkungswinkel	81° 0'	- - -	85° 45'
Absolute Stromintensität	190,45	- - -	405,85

Es ergibt sich aus diesem letzteren Versuche, daß bei Anwendung von rother rauchender Salpetersäure die absolute Stromintensität der Kohlen-Zink-Kette ungefähr doppelt so groß ist, als die der Grove'schen, obgleich bei der ersteren unter sonst gleichen Umständen die wirk-

1) Eine nähere Beschreibung der Einrichtung und der Principien dieses Instruments wird man im ersten Heft des nächsten Jahrgangs finden.

same Zinkoberfläche nur halb so groß war. Die zu diesen Beobachtungen benutzten Londoner Thonzellen sogen $\frac{1}{4}$ ihres Gewichts Salpetersäure ein, und wurden erst in die Schwefelsäure eingesenkt, als sie an der Außenfläche vollkommen mit Salpetersäure durchtränkt waren. Außerdem muß ich noch bemerken, daß die sämtlichen, bei diesen Bestimmungen benutzten Gegenstände neu und zuvor nicht gebraucht waren.

Zusatz des Herausgebers. — Ohne dem in obigem Schreiben ausgesprochenen dankenswerthen Anerbieten vorgreifen zu wollen, halte ich es im Interesse der Leser dieser Annalen nicht für überflüssig, hier Einiges aus dem bereits vom Hrn. Verfasser veröffentlichten Aufsatz ¹⁾ vorläufig mitzutheilen.

»Ich habe mich,« heißt es in diesem Aufsatz, »in dieser Zeit mit einigen Versuchen über die vortheilhafteste Construction einer Zink-Kohle-Batterie beschäftigt, die zu sehr befriedigenden Resultaten geführt haben. Man erhält durch heftiges Glühen eines Gemenges von Steinkohlen und Coaks eine poröse, aber außerordentlich feste, fast metallglänzende Kohle, die sich sehr leicht mit den Werkzeugen der Holzarbeiter bearbeiten läßt, und die dem Platin in der elektrischen Spannungsreihe sehr nahe steht. Die eigenthümliche Beschaffenheit dieser Kohle macht es möglich, sie in der Gestalt von Zellen anzuwenden, wodurch die bei den constanten Batterien nöthigen porösen Thonzellen entbehrlich werden ²⁾.

1) Annalen der Pharmacie, Bd. XXXVIII S. 311.

2) Die Anwendung einer Kohle von poröser Beschaffenheit, die zugleich das Platin und das Thongefäß der Grove'schen Kette ersetzt, muß als das Eigenthümliche der von Hrn. Prof. Bunsen gewählten Construction angesehen werden. Sonst ist die Kohle, nämlich die feste metallisch aussehende aus den Gasretorten, schon von dem Engländer Cooper angewandt worden. (S. Annalen, Bd. XXXIX S. 589.).

gen der absoluten Stromintensität dieser Zink-Kohle-Combination und der Grove'schen Zink-Platin-Kette mitzutheilen, welche mit dem neuen Weber'schen Instrumente erhalten ¹⁾ und aus der Formel

$$\frac{1}{2\pi} R T \operatorname{tg} \varphi = I$$

berechnet sind, in welcher R den Halbmesser des dicken Galvanometerrings, T die horizontale Intensität des Erdmagnetismus (für Marburg nach der Gauss'schen Karte zu 1,88 geschätzt), und φ den Ablenkungswinkel bedeutet:

Zink-Platin.		Zink-Kohle.	
	qdc.		qdc.
Oberfläche des Platins	1,67	Oberfläche der Kohle	1,67
Oberfläche des Zinks	2,14	- - -	1,15
Spec. Gew d. Salpetersäure	1,380	- - -	1,380
Spec. Gew. d. Schwefelsäure	1,106	- - -	1,106
Ablenkung der Nadel	80° 30'	- - -	80° 45'
Absolute Stromintensität	180,20	- - -	185,15

Zink-Platin.		Zink-Kohle.	
	qdc.		qdc.
Oberfläche des Platins	1,67	Oberfläche der Kohle	1,67
Oberfläche des Zinks	2,14	- - -	1,15
Spec. Gew. der rothen rauchenden Salpetersäure	1,410	- - -	1,410
Spec. Gew. d. Schwefelsäure	1,106	- - -	1,106
Ablenkungswinkel	81° 0'	- - -	85° 45'
Absolute Stromintensität	190,45	- - -	405,85

Es ergibt sich aus diesem letzteren Versuche, daß bei Anwendung von rother rauchender Salpetersäure die absolute Stromintensität der Kohlen-Zink-Kette ungefähr doppelt so groß ist, als die der Grove'schen, obgleich bei der ersteren unter sonst gleichen Umständen die wirk-

- 1) Eine nähere Beschreibung der Einrichtung und der Principien dieses Instruments wird man im ersten Heft des nächsten Jahrgangs finden. P.

same Zinkoberfläche nur halb so groß war. Die zu diesen Beobachtungen benutzten Londner Thonzellen sogen $\frac{1}{4}$ ihres Gewichts Salpetersäure ein, und wurden erst in die Schwefelsäure eingesenkt, als sie an der Außenfläche vollkommen mit Salpetersäure durchtränkt waren. Außerdem muß ich noch bemerken, daß die sämtlichen, bei diesen Bestimmungen benutzten Gegenstände neu und zuvor nicht gebraucht waren.

Zusatz des Herausgebers. — Ohne dem in obigem Schreiben ausgesprochenen dankenswerthen Anerbieten vorgreifen zu wollen, halte ich es im Interesse der Leser dieser Annalen nicht für überflüssig, hier Einiges aus dem bereits vom Hrn. Verfasser veröffentlichten Aufsatz ¹⁾ vorläufig mitzutheilen.

»Ich habe mich,« heißt es in diesem Aufsatz, »in dieser Zeit mit einigen Versuchen über die vortheilhafteste Construction einer Zink-Kohle-Batterie beschäftigt, die zu sehr befriedigenden Resultaten geführt haben. Man erhält durch heftiges Glühen eines Gemenges von Steinkohlen und Coaks eine poröse, aber außerordentlich feste, fast metallglänzende Kohle, die sich sehr leicht mit den Werkzeugen der Holzarbeiter bearbeiten läßt, und die dem Platin in der elektrischen Spannungsreihe sehr nahe steht. Die eigenthümliche Beschaffenheit dieser Kohle macht es möglich, sie in der Gestalt von Zellen anzuwenden, wodurch die bei den constanten Batterien nöthigen porösen Thonzellen entbehrlich werden ²⁾.

1) Annalen der Pharmacie, Bd. XXXVIII S. 311.

2) Die Anwendung einer Kohle von poröser Beschaffenheit, die zugleich das Platin und das Thongefäß der Grove'schen Kette ersetzt, muß als das Eigenthümliche der von Hrn. Prof. Bunsen gewählten Construction angesehen werden. Sonst ist die Kohle, nämlich die feste metallisch aussehende aus den Gasretorten, schon von dem Engländer Cooper angewandt worden. (S. Annalen, Bd. XXXIX S. 589.).

Füllt man eine solche, mit amalgamirtem Zink combinirte Zelle mit geeigneten Oxydationsmitteln an, um durch secundäre Zersetzung die Ausscheidung des Wasserstoffs und den Absatz von Zink und Zinkoxyd an der Kohle zu beseitigen, so erhält man eben so constante als kräftige Wirkungen. Ich habe mich anfangs zu dieser Oxydation des Salpeters, des chromsauren und chloresauren Kalis oder einer Chlormischung aus Kochsalz und Braunstein bedient, deren Wirkung indess wegen der an der Kohle durch Elektrolyse freiwerdenden Basen nicht so constant ist, als bei Anwendung von concentrirter Salpetersäure, die, mit Sand zu einer breiigen Masse gemischt, von der Kohle hinlänglich zurückgehalten wird, und die sich durch Hinzugießen neuer Säure in dem Maasse als sie verbraucht wird, ersetzen läßt. Die Kohle, welche durch Berührung mit Salpetersäure bedeutend an Festigkeit zunimmt, läßt sich leicht reinigen, und übertrifft an Dauerhaftigkeit selbst noch das Platin, welches die Anwendung einer vollkommen chlorfreien Salpetersäure nöthig macht, und der dünnen Platten wegen, in welchen es zu der Grove'schen Combination angewandt wird, große Vorsicht, in der Behandlung erfordert.«

... »Drei Elemente von den angegebenen Dimensionen (Zinkplatte drei Zoll hoch, vier Zoll breit, mit einer entsprechenden Kohlenzelle), zu einer Säule combinirt, gaben, bei Anwendung einer verdünnten Schwefelsäure, die 8,4 Proc. wasserfreier Säure enthielt, in 25 bis 30 Minuten 1137 Kub. Centimeter Knallgas bei 0° und 0^m,76.« ... Eine sechspaarige Säule von der erwähnten GröÙe gab 1105 Cub. Centimeter Knallgas in 14 Minuten.« . . .

Seit Bekanntwerdung der eben beschriebenen Kohlen-Batterie habe auch ich gesucht, sie aus eigener Erfahrung näher kennen zu lernen. Ich habe Gelegenheit

gehabt, eine von Hrn. Prof. Bunsen selbst hieher gebrachte Batterie der Art zu benutzen, habe auch mit Kohlen, die von dem Diener des Marburger Laboratoriums bezogen wurden, eine solche zusammengesetzt, an beiden verschiedene Messungen angestellt, und diese mit ähnlichen an einer Platin-Batterie verglichen.

Nach den hiebei gemachten Erfahrungen kann ich im Allgemeinen die große Wirksamkeit der mit poröser Kohle construirten Batterie nur bestätigen, und demnach nicht anstehen, diese Apparate als eine schätzbare Bereicherung unserer physikalischen Hülfsmittel zu bezeichnen. Namentlich glaube ich, daß man in allen Fällen, wo der elektrische Strom nur als Mittel zum Zweck gebraucht werden soll, sich jener Kohlen-Apparate wird mit Nutzen bedienen können. Wenn indess gefragt wird, ob sie den Platin-Batterien vorzuziehen seyen, möchte ich mich doch nicht unbedingt für erstere entscheiden.

Als ein Vorzug der porösen Kohle muß es gelten, daß sie, in verhältnißmäßig kleinem Raum, der eingedungenen Flüssigkeit eine sehr große Oberfläche darbietet, und, weil bei ihr die thönerne Scheidewand der beiden Flüssigkeiten wegfällt, dem Zink sehr nahe gebracht werden kann. Diese beiden Umstände, vereint mit der starken Negativität der Kohle, bedingen die große Wirksamkeit der mit ihr construirten Batterien.

Dagegen stellen sich bei der Kohle mancherlei Nachteile und Unbequemlichkeiten heraus, welche, wenigstens meiner Erfahrung nach, die eben genannten Vorzüge erheblich beeinträchtigen. Die Tauglichkeit der Kohle zu dem doppelten Zweck, als Erreger und als Scheidewand zu dienen, hängt wesentlich von dem Grade ihrer Porosität ab, und dieser ist bei Kohlen, die zu verschiedenen Zeiten oder von verschiedenen Personen bereitet werden, nicht so gleich, daß man stets mit Sicherheit auf einen gleich guten Erfolg rechnen könnte. Unter den von mir angewandten Kohlen besaßen die

von Hrn. Prof. Bunsen herstammenden wohl den rechten Grad von Festigkeit und Dichtigkeit; aber sie hatten Risse, die mit Wachs verklebt werden mußten. Die anderen, aus Marburg bezogenen, waren dagegen zu locker und porös, denn selbst die fehlerfreien unter ihnen, deren es unter einem Dutzend etwa acht gab, gestatteten der Salpetersäure einen so leichten Eintritt in die Schwefelsäure, daß ich wegen der starken Erhitzung der Flüssigkeit und heftigen Auflösung des Zinks, die auch ohne Schließung der Kette erfolgte, genöthigt war, nach einer Viertelstunde den Apparat auseinanderzunehmen. Mit diesen Kohlen gelang es mir nicht, den Strom von einem zu messenden Versuchen tauglichen Grad von Beständigkeit zu erhalten.

Auf meine desfallsigen Klagen erwiederte Hr. Prof. B. in einem späteren Briefe an mich, daß beide Uebelstände, der unruhige Gang des Apparats und der größere Verbrauch an Salpetersäure (auch unnöthige Verbrauch an Zink. *P.*) völlig vermieden werden könne, wenn man die Kohlen nicht durch ihre Oeffnung mit Salpetersäure fülle, sondern dieselben in diese Säure tauche, bis sie $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ihres Gewichts davon aufgenommen haben; sie sey dann an der Oberfläche vollkommen trocken, und es sey ganz gleichgültig, ob sie Risse haben oder nicht. — Ich habe diese Vorschrift befolgt, in sofern als ich eine $9\frac{3}{8}$ Unzen schwere Kohle mit $3\frac{1}{8}$ Unzen Salpetersäure tränkte, zwar nicht von außen, sondern von innen aus, was mir, wenn nur das Quantum Säure gleich ist, einerlei zu seyn scheint. Wirklich war auch die Kohle nicht eigentlich naß auf ihrer Oberfläche; allein dennoch zeigten sich die beiden Uebelstände in bedeutendem Grade, obwohl ein wenig schwächer als früher bei ähnlichen Kohlen, die mit einer größeren Menge Säure getränkt waren. — Ich räume bereitwillig ein, daß festere, dichtere Kohlen von den gerügten Mängeln frei sind, hoffe auch, daß die meinigen durch die

Tränkung mit Salpetersäure mit der Zeit an Festigkeit gewinnen; allein ich glaube dieß erwähnen zu müssen, um zu zeigen, welchem Risiko man bei dem Gebrauche der Kohlen ausgesetzt ist, vor allem, wenn man selbst sie nicht verfertigen kann, und genöthigt ist, sie von weit her zu beziehen, wo dann auch noch die Transportkosten und die Gefahr des Zerbrechens der Kohle unterwegs in Anschlag kommen.

Ein anderer Uebelstand bei der porösen Kohle liegt darin, daß die einmal von ihr aufgenommene Salpetersäure nicht rasch aus ihr entfernt werden kann, und so gut wie verloren ist. Zwar kann man die mit Säure getränkten Kohlen, nach dem Gebrauche, in ihren von der Schwefelsäure entleerten Glascyindern aufbewahren, und solchergestalt mehrmals benutzen; allein theils verbreiten sie dann einen für manche Localitäten schädlichen Dunst, theils verlieren sie auch durch das Stehen an der Luft von ihrer Wirksamkeit. Für manche Zwecke ist dieser Verlust freilich von keiner großen Bedeutung. Wo es aber darauf ankommt, stets die anfängliche Wirkung zu erhalten, ist man schon genöthigt, die Kohlen nach dem Gebrauch mehrmals mit Wasser auszulaugen und scharf zu trocknen, — eine Operation, die mindestens Zeit erfordert. Um also die Batterie jeden Augenblick schlagfertig zu haben, bedarf man zweier Kohlen für jede Zelle. Ueberhaupt haben die bisherigen Kohlenbatterien etwas Unsauberes, das sie nicht Jedermann empfiehlt; dahin gehört unter andern das Verkitten der Risse in der Kohle mit Wachs, die Anwendung der Bindfäden zur Trennung der Kohle vom Zink, so wie der Umstand, daß der Kupferring, welcher die feuchte Kohle umschließt, von der Salpetersäure stark angegriffen wird. Tränkung des oberen Theils der Kohle mit Wachs hebt oder mindert wohl diesen Uebelstand, muß aber nothwendig die Leitungsfähigkeit, folglich auch die Stromstärke schwächen.

Was endlich die Wohlfeilheit der Kohlenbatte-

rien betrifft, so ist sie, wenigstens bei dem bisherigen Preis der porösen Kohle, nicht so groß als es den Anschein hat, besonders wenn man nicht bloß die erste Auslage in's Auge faßt. Ein poröser Kohlencylinder kann freilich oftmals gebraucht werden, aber schwerlich so oft oder öfter als ein Platinblech; dieses behält immer seinen Werth (die Besorgniß, daß es durch chlorhaltige Salpetersäure leide, ist ohne Grund, da es durch den galvanischen Strom vor den Angriff, selbst einer größeren Menge Chlor als in der käuflichen Salpetersäure enthalten ist, geschützt wird); während jener nach dem Gebrauch, oder nach einem einzigen unglücklichen Fall völlig werthlos ist. Die aus Marburg bezogenen Kohlencylinder kommen hier, mit den Kosten des Transports und dem Risiko des Zerbrechens unterwegs, auf einen Thaler das Stück zu stehen; versieht man sich aus angegebenen Grunde mit zwei solchen Cylindern für jede Zelle, so kostet diese an Kohlen also schon zwei Thaler ¹⁾). Für zwei Thaler Platin kann man aber eine Wirkung erhalten, die, um nicht zu viel zu sagen, der eines solchen Kohlencylinders wenig nachsteht. Man wird dies begreiflich finden, wenn man erwägt, daß sich das Platinblech, ohne sonderlichen Schaden für die Leitungsfähigkeit, in einer Dünne anwenden läßt, bei welcher der Quadratzoll nicht mehr als fünf Silbergroschen kostet. Die Thoncyylinder kommen überdies kaum in Betracht, da sie sehr wohlfeil sind.

Der bisherige unverhältnißmäßige hohe Preis der Platinbatterien gegen den der Kohlenbatterien hat seinen Grund vornehmlich darin, daß letztere sehr roh, erstere aber mit unnöthiger Eleganz ausgeführt worden sind. Auch ist die Construction derselben, so wie sie von Grove angegeben, und seitdem, wenigstens hier, be-

1) Prof. Bunsen versichert mir in seinem späteren Briefe, daß man die Kohlencylinder für 2 bis 3 Groschen werde haben können. Das würde nun freilich den ökonomischen Gesichtspunkt sehr verändern.

folgt worden ist, offenbar nicht die zweckmässigste. Zur Aufnahme der Salpetersäure und Platinplatten dienen parallelepipedische Thonkasten, die nie so gleichförmig und wohlfeil anzufertigen sind als Thoncylinder; die Kasten ruhen auf den zwei Mal rechtwinklich gebogenen Zinkplatten, die daher in ihrem mittleren, horizontalen Theil von der durchsickernden Salpetersäure bald zerfressen werden; und endlich ist die Zusammenfügung der Platten von der Art, daß man den Apparat nicht schnell aus einander nehmen kann.

Ich finde es vortheilhafter, Thoncylinder anzuwenden, diese mit Zinkcylindern zu umschließen, und in erstere Platinplatten zu stellen, die so gekrümmt sind, daß sie, von oben gesehen, ein S darstellen. Dadurch wird, ohne Zerstückelung, eine möglichst große Platinfläche mit der Salpetersäure in Berührung gesetzt. Diese Platten haben in ihrem oberen Theil an jeder Seite einen transversalen Einschnitt, bis zu einem Drittel ihrer Breite, und die beiden dadurch abgetrennten Stücke sind auf das mittlere Drittel zurückgebogen, so daß dieses einen verstärkten Fortsatz der Platte bildet. Dieser Fortsatz geht durch einen Einschnitt in den Thondeckel, mit welchem jeder Thoncylinder locker verschlossen wird. Außerhalb dient derselbe Fortsatz zur Befestigung der Verbindungsstücke, welche aus breiten, an beiden Enden zangenförmig gebogenen und daselbst mit Schrauben versehenen Kupferstreifen bestehen.

Die porösen Thoncylinder, welche ich anwende, sind $3\frac{1}{2}$ Zoll hoch, halten $1\frac{2}{3}$ Zoll im äußeren Durchmesser und $\frac{3}{4}$ Linie in Wanddicke; sie wiegen 13 bis 14 Drachmen, fassen, bis etwa 3 Linien vom oberen Rand gefüllt, beinahe 5 Unzen Salpetersäure von 1,33 spec. Säure, und saugen davon etwa $\frac{1}{2}$ Unze ein, die also als verloren zu betrachten ist, wenn man die Cylinder nicht mehr gebraucht. Jede Platinplatte wiegt $\frac{1}{6}$ Unze und bietet, beide Seiten gerechnet, der Säure eine Ober-

fläche von 12 Quadratzoll dar ¹). Bei einer Batterie von sechs solchen Bechern kosten die Platinplatten neun Thaler und die Thonzellen mit Deckel 1 Thaler, so daß das Ganze, wenn man allen Luxus meidet, für 14 bis 15 Thaler darzustellen ist. Der Apparat ist leicht zusammengesetzt und eben so schnell wieder auseinandergenommen. Neun Zehntel der angewandten Salpetersäure können wieder gewonnen und zu fernerm mehrmaligen Gebrauch in einer Flasche aufbewahrt werden; die Thoncyylinder lassen sich, wenn man es für nöthig hält, leicht auslaugen, und schon durch bloßes Stehen an der Luft in kurzer Zeit hinlänglich trocknen. Kurz die Handhabung eines solchen Apparats ist eben so sauber und bequem, als die Wirkung sicher, gleichförmig und stark. Zu allen feineren, messenden Versuchen wird man, glaube ich, schwerlich einen solchen Apparat gegen eine Kohlenbatterie vertauschen.

Daß die Wirkungen einer Plattenbatterie von den angegebenen Dimensionen denen einer Batterie mit guten Kohlencylindern, von der Größe wie die meinigen, völlig gleich komme, will ich nicht behaupten; aber versichern kann ich, daß, wenn Platin und Kohle gleich große Oberflächen einer Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht darbieten, ersteres das Uebergewicht in der

- 1) Fände man die angegebenen Dimensionen für seine Zwecke zu klein, so würde es rathsam seyn, entweder mehr Becher von der angegebenen Größe, nach dem Princip der einfachen Kette verbunden, als Elemente der Batterie zu benutzen, oder die Höhe der Becher bei ungeändertem Querschnitt zu vergrößern. Eine Vergrößerung zugleich nach Höhe und Querschnitt oder bloß nach dem letzteren wäre unzumuthig, da die horizontale Dimension der Platten nur wächst wie der Durchmesser der Thoncyylinder, der Rauminhalt dieser Cylinder aber wie das Quadrat ihres Durchmessers. Man würde also bei einer solchen Vergrößerung eine unnöthige Masse Salpetersäure gebrauchen, auch unnöthigerweise den Widerstand vermehren, wiewohl nicht gerade in sehr starkem Verhältniß, denn bei Vergrößerung des Querschnitts der Thoncyylinder wächst er wie der Logarithmus der Durchmesser.

Stromstärke hat. Hrn. Prof. Bunsen's Messungen scheinen zwar das Gegentheil darzuthun; allein man muß wohl erwägen, daß dabei die Oberfläche der Kohle nur nach der äußeren Fläche der Cylinder geschätzt wurde. In Wahrheit ist sie aber, wegen der Porosität der Masse, weit größer, obwohl nicht näher bestimmbar.

Dieser Umstand hat mich veranlaßt, verschiedene Messungen, die ich unternahm, um die Wirksamkeit jener porösen Kohle gegen die des Platins kennen zu lernen, vornehmlich auf die Bestimmung der elektromotorischen Kräfte beider Substanzen zu beschränken. Niemals habe ich dabei, wenn ich Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht anwandte, die Kraft der Kohle größer als die des Platins gefunden. Die Resultate eines dieser mit Sorgfalt ausgeführten Versuche mögen dieß näher belegen. Die Platinplatte der einfachen Kette war eine der erwähnten S-förmigen, der Kohlencylinder einer der härteren Art, dessen Durchmesser dem des Thoncyinders nahe gleich kam, und der daher in denselben Zinkcyylinder gestellt werden konnte, in welchem zuvor der Thoncyylinder mit dem Platin stand. Die verdünnte Schwefelsäure enthielt ein Zehntel ihres Gewichts concentrirter Säure, und bildete in beiden Fällen eine gleiche hohe Säule.

Zink, amalgirt. — Platin.

Zeit.	Widerstand des Schließdrahts.	Stromstärke.	Widerstand der Kette ohne den d. Schließdrahts	Elektromot. Kraft.
10 ^h 23'	26,27	<i>sin</i> 57° 54'	2,991	24,787
26	36,27	- 39 9		
30	26,27	- 58 0		
32	36,27	- 39 8		
			2,825	24,674

Zink, amalgirt. — Kohle, feste poröse.

10 ^h 47'	26,27	<i>sin</i> 57° 34'	2,511	24,292
49	36,27	- 38 47		
52	26,27	- 57 11	2,461	24,146
55	36,27	- 38 34		
57	26,27	- 56 44	2,134	23,749
11 ^h 0	36,27	- 38 12		

Die Kraft der Kohle war also etwas geringer, und, wenigstens bei dem angewandten Exemplar, nicht so constant als die des Platins. Dagegen war der Widerstand in der Flüssigkeit bei ersterer geringer als bei letzterem; es wird also, gleiche Dimensionen bei ihnen vorausgesetzt, bei kleinem Widerstande im Schließdrahte, die Kohle das Uebergewicht in der Stromstärke haben, bei größserem das Platin, oder wenigstens wird eine Gleichheit zwischen beiden bestehen.

Letzteres habe ich durch einen directen Versuch bestätigt. Ich verband successiv eine, zwei, drei Zink-Platin-Ketten von der eben angegebenen Beschaffenheit mit einem Voltameter, dessen Platinplatten einen Quadrat-zoll groß sind und einen Viertelzoll auseinanderstehen. In verdünnter Schwefelsäure, die ein Zehntel ihres Gewichts an concentrirter Säure enthielt, bekam ich an Knallgas innerhalb einer Minute

mit einer Kette	eine Spur
- zwei Ketten	19,29 C. C. bei 0° und 0°,76
- drei Ketten	48,26 - - - - -

also noch eine Kleinigkeit mehr als Prof. Bunsen mit einer ähnlichen Kohlensäule.

Mit rother rauchender Säure habe ich diesen Vergleich nicht wiederholt, weil dieß bei der härteren Kohle die Verkittung mit Wachs verbot, und die lockere mir hiezu zu porös zu seyn schien.

Indefs habe ich, mit dieser Säure von 1,40 spec. Gewicht, und mit Schwefelsäure, die ein Fünftel ihres Gewichts an concentrirter Säure enthielt, einen solchen Vergleich zwischen Platin, Graphit und der bei der Gasbereitung zurückbleibenden, metallisch aussehenden und nicht porösen Kohle angestellt. Da die Größe der negativen Elemente dieser Ketten sehr ungleich waren, so gebe ich hier nur die elektromotorischen Kräfte. Diese waren:

beim Zink (amalg.)-Platin	26,676
- - - Graphit	26,679
- - - Gaskohle	26,623

also so gut wie gleich.

Der Graphit, der ein Parallelepipedum mit glatt gearbeiteter Oberfläche bildete, war, nach dem Gebrauch, mit einem Pulver aus seiner Masse bekleidet. Ich schreibe dieses feinen, eingesprengten Schwefelkiestheilchen zu, die sich zersetzt hatten. Die Gaskohle war unverändert geblieben.

Wenn man die Gaskohle leicht in regelmäfsig geformten Cylindern haben könnte, so glaube ich würde der Cooper'sche Vorschlag sehr beachtenswerth seyn; man würde sie, wie das Platin, in Thoncylindern anwenden können. Allein was ich bisher von solcher Kohle sah, läfst mich ihre allgemeine Anwendbarkeit bezweifeln. Gröfsere Massen zeigten sich mir in sehr unregelmäfsiger Weise aus Parthien von viererlei Beschaffenheit zusammengebacken: einer porösen, ganz der Bunsenschen gleich, einer derben glanzlosen, einer metallisch glänzenden und einer graphitähnlichen. Die zweite und dritte Art würden vorzugsweise benutzbar seyn; aber beide besitzen einen solchen Grad von Härte, dafs sie sich mit der Feile nicht bearbeiten lassen, und jedenfalls, zu regelmäfsigen Stücken geformt, bedeutend kostspielig würden. Die graphitähnliche zerreibliche Kohle ist von diesem Mangel frei; wenn man aber einmal Graphit anwenden wollte, würde der natürliche, oder die Masse der Ipser Schmelztiegel wohl vorzuziehen seyn.

Die auferordentlich starke Wirkung, welche Hr. Prof. Bunsen, bei Anwendung von rother rauchender Salpetersäure, mit seiner Kohle bekommen hat, scheint mir, den obigen Erfahrungen gemäfs, nur durch die Gröfse ihrer inneren Oberfläche erklärlich zu seyn. Die That-
sache ist ungemein interessant ¹⁾; allein für die Praxis

1) Das angegebene Zahlenverhältnifs möchte wohl eine Verification ver-

halte ich sie weniger wichtig, denn die rothe rauchende Salpetersäure ist im Gebrauch zu unangenehm und auch zu kostbar, als dafs sie je für gröfsere Batterien eine allgemeine Anwendung finden könnte.

Ich selbst habe freilich früherhin geglaubt, dafs, mit Anwendung jener concentrirten Säure, das Eisen einen Stellvertreter des Platins abgeben könne, da man wirklich mit Eisen in solcher Säure und mit amalgamirtem Zink in Schwefelsäure einen Strom erhält, der dem der Grove'schen Säule sehr nahe kommt ¹⁾. Allein seitdem ich mich näher mit dieser vertraut gemacht habe, bin ich davon zurückgekommen und zu der Ueberzeugung gelangt, dafs letztere, geladen mit der gewöhnlichen käuflichen Salpetersäure von 1,33 spec. Gew. den Vorzug verdient, und dafs man jedenfalls besser thut, durch Gröfse oder Anzahl der Platten zu ersetzen, was etwa ihrem Strom an der gewünschten Stärke abgeht.

Schliesslich mufs ich nochmals wiederholen, dafs ich mit vorstehenden Bemerkungen keineswegs beabsichtigt habe, den Werth der Kohlenbatterien herabzusetzen. Ich gebe zu, dafs sie neben denen aus Platin einen ehrenvollen Platz behaupten werden; nur verdrängen werden sie, meiner Meinung nach, dieselben nicht.

dienen, da bei Winkeln über 80° die Tangenten in solchem Maafse wachsen, dafs ein kleiner Beobachtungsfehler einen sehr grofsen in der Intensität nach sich zieht.

- 1) S. Monatsbericht der Berliner Academie, Aprilstück 1841. — Es gilt jedoch nur von den mit Zink und Eisen gebildeten Ketten; die aus zwei Eisenplatten zusammengesetzten haben eine bedeutend geringere Kraft und Stromstärke, und daher erwähnte ich derselben nicht, obwohl ich damals auch über sie Messungen angestellt hatte. Das Verdienst der ersten Bildung beider Ketten gebührt übrigens dem Engländer Hawkins. (*Phil. Mag.* 1840, Vol. XVI p. 115.)

IX. *Beschreibung eines Apparats zum Abkühlen, Abdampfen von Körpern sowohl im lufthaltigen als leeren Raum über Schwefelsäure; von Christ. Schütz aus Bern.*

Der Gedanke, mit einem und demselben Apparate alles ausüben zu können, was in einem Laboratorium in einem trocknen Raume über Schwefelsäure, Chlorcalcium u. s. w. vorzunehmen ist, und mit einem so viel als möglich wohlfeilen Instrumente, gab die Veranlassung zu diesem Trockenapparat. (Siehe Taf. II Fig. 11.)

a ist eine kleine Handluftpumpe nach Gay-Lussac (diese Annalen, Bd. XXVI S. 330 beschrieben), wie man sie zu organischen Analysen anwendet. Auf den Rand des Halses der 5" breiten und 8 bis 9" hohen Flasche *cd* ist vermittelst Lack eine Scheibe von Messing aufgekittet, die in ihrer Mitte ein Loch mit einer angelötheten Hülse nach der inneren Seite der Flasche hat; in diese Hülse ist inwendig ein Gewinde eingeschnitten, auf welches das Hahnstück *b* geschraubt werden kann. Die Flasche *cd* wird bei *e* durch das Rad eines Glaschleifers von einander getrennt; die aus einander genommenen Theile müssen auf einer flachen Platte von Eisen oder Kupfer so lange mit Smirgel geschliffen werden, bis sie luftdicht auf einander schließsen. Ich führe das Verfahren des Aufeinanderschleifens deshalb hier an, weil man sonst diese Arbeit ebenfalls dem Glaschleifer überläßt, welcher es dann mittelst des Rades thun will, welches auf diese Art ganz unmöglich zu bewerkstelligen ist. In den Rand (von *d*) bei *e* wird ein $\frac{1}{2}$ " hoher Ring so eingepaßt, daß er nur bis auf die Hälfte seiner Höhe hineingeht, und nach Bedarf zum

Ausgiefsen der Schwefelsäure herausgenommen werden kann. Dieser Ring kann von Messing seyn. Die obere Hälfte dieses Ringes geht etwas nach Innen, so daß die Glocke *c* mit Leichtigkeit darüber aufgestellt werden kann; damit dieser Ring nicht in den untern Theil herunterfalle, wird in der Mitte seiner Höhe ein Drähtchen ringsherum aufgelöthet. Ganz oben ist eine runde Platte aufgelöthet, welche vom Mittelpunkt aus bis auf $\frac{1}{2}$ " vom Rande ausgeschnitten worden ist. Dieser $\frac{1}{2}$ " breite Rand ist ringsherum mit Löchern versehen, damit, wenn eine grofse Schale beim Gebrauche das grofse Loch ausfüllen würde, die Schwefelsäure dennoch mittelst der kleinen Löcher auf die im oberen Theile sich befindende Feuchtigkeit wirken kann. In den untern Theil des Apparates (*d*) wird concentrirte Schwefelsäure gegossen, der Messingring hineingesetzt, die Glocke *c* über den Ring auf *d* gestellt, und der Apparat ist zum Gebrauche bereit.

Der Gebrauch dieses Apparats ist mehrfach; nämlich zum Abkühlen der Tiegel über Schwefelsäure bei quantitativen Analysen, dazu kann man die Pumpe über dem Hahne *b* abschrauben. Dafür gebraucht man, so viel mir bekannt ist, besondere Apparate (Abkühlungsglocken). Zweitens zum Trocknen der Mineralpulver, zur Entfernung des hygroskopischen Wassers bei quantitativen Analysen. Zu diesem Zwecke dienen auch Berzelius's und Brunner's Apparate. Drittens kann er benutzt werden im luftleeren Raume zu trocknen, abzudampfen, und blofs zu diesem Zweck ist die Pumpe nöthig. Im leeren Zustande kann er auch erwärmt werden, um, wo es nichts schadet, das Verdampfen zu beschleunigen. Hier vertritt dieser Apparat die grofsen und kostbaren Luftpumpen. Seine Höhe gestattet auch Thermometer anzubringen.

Beim Gebrauche müssen die Theile *c* und *d* vor dem Aufsetzen auf einander mit Talg bestrichen werden, dazu

dazu bediene ich mich eines kleinen, sehr einfachen Instrumentes, welches nur so viel Talg an das Glas abgiebt als nöthig ist, um Wirkung zu thun. (Fig. 12 Taf. II.)

Das Ganze stellt eine kleine Spritze vor, wie die zinnernen Ohrenspritzen. Ich schnitt einer solchen die Spitze gleich an der Wurzel ab (wo der Cylinder anfängt conisch zu werden); gewöhnlich befindet sich an dieser Stelle eine ringförmige Erhöhung, diese läßt man stehen. Ueber den abgeschnittenen Theil spannt man starke Leinwand aus, und bindet sie hinter dem oben erwähnten Ringe fest und schneidet den Ueberschuß ab. Der Cylinder wird nun mit Fett gefüllt und der Stempel hineingedrückt. Dadurch dringt etwas Fett durch die Leinwand, und beim Bestreichen der Glasränder kommt nur so viel Fett daran als nöthig ist. Dieses Instrument kann auch dienen, um das Herabfließen der Flüssigkeiten am äußeren Rande der Bechergläser u. s. w. zu verhüten.

Beim Gebrauche desselben hat man noch den Vortheil, daß man sich durchaus nicht beschmutzt.

Die Anfertigung des Trockenapparats wurde von Hrn. Luhme und Comp. in Berlin besorgt und nach Wunsch ausgeführt; auch das Instrumentchen zum Betalgen kann man dort kaufen ¹⁾).

- 1) Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit auf die Hand-Luftpumpen aufmerksam zu machen, die der Mechanikus Kleiner hieselbst neuerlich in verschiedenen Gestalten (mit aufrechtem oder schief liegendem Stiefel, mit oder ohne Teller, je nachdem Röhren oder Glocken ausgepumpt werden sollen) sehr solid verfertigt hat. Ich, für meine Person, möchte eine solche Pumpe mit Teller dem in obenstehender Notiz beschriebenen Apparate vorziehen. P.

X. Ueber die Polarisation der chemischen Strahlen des Lichts; von J. Sutherland.

(Auszug aus dem *Phil. Mag. Jul. 1841. — Bibl. univ. T. XXXIV p. 382.*)

Schon Bérard hat i. J. 1812 angegeben, daß die chemischen Strahlen durch Reflexion unter demselben Winkel von $35^{\circ} 25'$ polarisirt werden, wie die Lichtstrahlen selbst. Hr. S. hat die neueren Entdeckungen der photogenischen Papiere benutzt, um die Versuche von Bérard wieder aufzunehmen und zu erweitern. Er experimentirte mit directem Sonnenlicht, mit dem des rothen Endes vom Spectrum, und endlich mit bloßem Tageslicht.

Er liefs das Licht durch einen Kalkspath in eine dunkle Kammer treten, und fing die beiden Bilder mit einem acht Fufs entfernten Schirme auf. Die Bilder hielten einen Zoll im Durchmesser und waren einen Zoll von einander entfernt. Beide machten einen starken Eindruck auf das photogenische Papier; das außerordentliche jedoch, wie es schien, einen stärkeren ¹⁾. In die Bahn des außerordentlichen Bündels wurde eine Säule von sechs dünnen Glimmerblättchen gebracht, die gegen die Axe dieses Bündels um etwa 25° neigten. Er drehte den Apparat, bis die Brechungsebene der Glimmerblättchen mit der Polarisationsebene der Strahlen zusammenfiel; das Licht war alsdann fast ausgelöscht, und es entstand nun,

1) Ich habe Gelegenheit gehabt, ein von Hrn. Prof. Moser in Königsberg auf einer Daguerre'schen Platte dargestelltes Doppelbild einer Gypsbüste zu sehen, deren Strahlen durch ein Kalkspathprisma in die Camera obscura geleitet worden waren. Es zeigte sich kein Unterschied in den Bildern; beide waren gleich scharf und deutlich.

selbst nach fünf Minuten, nicht der geringste Eindruck auf dem Papier. Nun wurden die beiden Ebenen winkelrecht gegeneinandergestellt; sogleich kam das Licht wieder zum Vorschein, und das Papier veränderte sich schon nach einer Minute; nach fünf Minuten war es vollkommen schwarz geworden. Dieser Versuch beweist, daß die Polarisation der chemischen Strahlen vollständig mit den leuchtenden zusammenfiel.

Ersetzte er die Glimmersäule durch ein Kalkspathprisma, um die durch den ersten Kalkspath polarisirten Strahlen durchzulassen, so erhielt er ähnliche Resultate. Der in Bezug auf das Leuchten ausgelöschte Strahl brachte auch keine chemische Wirkung hervor. Jetzt stellte er in die Bahn des ausgelöschten Strahls ein dünnes Glimmer- oder Gypsblättchen. Sogleich erschienen wiederum die beiden Bilder mit ihrer Farbe, und, aufgefangen mit dem photogenischen Papier, gaben sie zwei recht deutliche Flecke. Das purpurrothe Bild wirkte stärker als das gelbe, das violette und grüne wirkten gleich stark. Er ließ auch das farbige Ringsystem mit weißem Kreuz auf photogenisches Papier fallen, und bekam auf demselben ein Gegenbild, d. h. das Papier wurde schwarz, wo es vom Lichte getroffen ward, und blieb weiß, wo es nicht der Fall war.

Dieselben Versuche wurden mit den violetten Strahlen des Spectrums angestellt, auch mit dem kaum sichtbaren vom violetten Ende desselben. Die Resultate waren denen mit Sonnenlicht erhaltenen gleich. Die chemische Wirkung der nicht ausgelöschten violetten Strahlen war ungemein deutlich, obwohl die Bilder wenig sichtbar waren.

Sonnenlicht, durch Reflexion polarisirt, zeigte genau dieselben Erscheinungen, so daß die leuchtenden und die chemischen Strahlen sich auch in dieser Beziehung gleich verhalten.

Die bloße Refraction, mehrmals wiederholt, polari-

sirt ebenfalls die chemischen Strahlen. Hr. S. experimentirte hier mit Tageslicht; allein um sich jedoch von den Veränderungen in der Intensität dieses Lichts unabhängig zu machen, setzte er zwei Apparate zusammen, die nur in so weit von einander abwichen, daß die Polarisationsebenen in dem einen parallel, in dem andern winkelrecht waren. Diese beiden Apparate wurden zugleich und auf gleiche Weise gebraucht, und die Bilder mit zwei aus Einem Stück geschnittenen Streifen des empfindlichen Papiers aufgefangen. Der Unterschied in der Stärke beider Eindrücke war dann nach Ablauf des Versuchs leicht wahrzunehmen.

Aus Obigem folgt, daß die chemischen Strahlen des Lichts genau denselben Polarisationsgesetzen folgen, wie die wärmenden und leuchtenden, — ein Resultat, das für das Studium der Natur dieser Strahlen von Wichtigkeit ist.

Das von dem Verf. gebrauchte Papier war das gewöhnliche mit Chlorsilber bereitete; er hält indeß die nach Hrn. Daguerre's Verfahren zubereiteten Metallplatten für weit vorzüglicher hiezu.

XI. *Vorläufige Nachricht über ein Lager fossiler mikroskopischer Organismen in Berlin;*
von C. G. Ehrenberg.

(Aus den Monatsberichten der Acadmie. Juli 1841.)

Nachdem im Jahre 1836 der Academie Nachricht von großen fossilen Massen unsichtbar kleiner Infusorien-Schalen als geognostischen Lagern gegeben worden war, war es zur ersten physiologischen Erläuterung der Bildungsweise derselben 1837 gelungen, im Thiergarten Berlins selbst eine aus solchen lebenden Infusorien, zum

Theil sogar aus denselben Arten, sich noch fortwährend bildende oberflächliche Dammerde zu beobachten.

Seitdem haben sich die Beobachtungen fossiler Lager unsichtbar kleiner Organismen in vielen Ländern Europa's und in Afrika, Asien und Amerika in ganz ähnlichen Verhältnissen erkennen lassen, und sie sind aus oberflächlichen Erscheinungen zu tief in das Erd-Feste eingreifenden Bildungsmomenten geworden.

Die Schalen dieser kleinen Organismen waren theils rein kalkerdige, theils rein kieselerdige Formen.

Im direct zu erkennenden größten Maafsstabe hatte sich ihr Einfluß als Meeresbildungen in den Gebirgsmassen der Kreide ergeben, und in den sicilianischen Kreide- und Mergel-Lagern waren beide Formenreihen im offen liegenden klarsten Wechselverhältniß als mächtige Felsmassen beobachtet. Die Spuren ähnlicher Verhältnisse hatten sich unter Mitwirkung des Hrn. Prof. Zeuschner bis in den Oolith-Kalk von Krakau und unter Mitwirkung des Hrn. v. Helmersen sogar bis in den Bergkalk Rußlands verfolgen lassen.

Alle bisher erkannte Süßwasserbildungen hatten nur kieselschalige, keine kalkschaligen kleinsten Organismen dargeboten, und alle unter der Oberfläche gefundenen fossilen Lager waren todte Reste und Anzeigen ehemaliger lebender Oberflächen-Verhältnisse, die von der Oberfläche (der Atmosphäre) verdrängt, abgestorben, oder nach dem gesetzmäßigen Absterben von anderen Generationen und Bildungen überwuchert waren.

Die neuesten, der Academie vorgetragenen Resultate dieser Untersuchungen hatten die Aufmerksamkeit von den im Berliner Thiergarten erkannten localeren und beschränkteren, jetzt immerfort thätigen Verhältnissen stagnirender Gräben, Teiche und Seen einerseits auf das Meerwasser gelenkt, dessen periodische lebendige Erfüllung mit solchen Organismen erkannt wurde, die ehemals der Kreidebildung wirklich gedient haben,

und andererseits auf das ganze Humus-Land der Flußgebiete, dessen Reichthum an organischen Formen sowohl im Kulturboden des Nil-Landes, als im Hafenschlamme der deutschen Küste an der Ost- und Nordsee, und auch im Humus-Boden vieler sehr verschiedener ferner Erdgegenden zu klarer Anschauung geworden war.

Bei dieser fortschreitenden Entwicklung der Erscheinung eines großen Einwirkens des kleinsten Lebens auf die feste Masse der bekannten Erdrinde in allen Zonen und allen dem Organischen überhaupt zugänglichen Tiefen, ist es von einem besonderen Interesse und besonderer wissenschaftlicher Wichtigkeit, daß gerade wieder in Berlin sich ein der intensivsten Untersuchung zugängliches Verhalten solcher unsichtbar kleiner Organismen vor Augen gelegt hat, welches einen neuen Gesichtskreis zu eröffnen scheint, der auf den ferneren Ideen- und auf manche Entwicklungs-Vorstellungen wohl von wesentlichem Einfluß werden kann.

Bei der, mit dem Wunsche, die Veröffentlichung noch einige Zeit zu verschieben, der Academie zur Kenntniss gebrachten auffallenden Erscheinung, daß sich bei dem Grundlegen zu einem Hintergebäude in der Luisenstraße, 15 Fuß unter der Oberfläche, ein 5 Fuß mächtiges, meist aus kieselschaligen Infusorien gebildetes Lager, oft noch lebendiger Thierchen gefunden habe, hat bis jetzt die weitere Nachforschung zu folgenden Resultaten geführt, welche schon hinreichend erscheinen, die Verhältnisse selbst als mehrfach interessant und wichtig zu bezeichnen.

1) Nicht bloß unter einem einzelnen Hause der Luisenstraße nahe der Marschallsbrücke, sondern auch unter einem Hause derselben Straße nahe der Carlsstraße und in der gegenüberstehenden Häuserreihe wurde, beim Einsenken bis auf guten Baugrund, in 12 bis 15 Fuß

Tiefe ein 5 Fufs mächtiges sogenanntes Torflager aufgefunden, welches vom Lichte der Atmosphäre völlig abgeschlossen zu $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ seiner Masse aus kieselschaligen Infusorien besteht, von denen ein sehr grofser Theil offenbar noch lebend und fortpflanzungsfähig ist.

Dieselben Thierchen in einem, wie es scheint, gleich mächtigen Lager und in sehr ähnlicher Tiefe, auch in demselben oft noch lebenden Zustande haben sich bei der Untersuchung des Grundes auf der Insel hinter dem Neuen Museum gefunden. In diesen beiden von einander sehr entfernten Punkten liegt das Infusorien-Lager 4 bis 8 Fufs tiefer als der Boden der Spree.

Eine dritte, der directen Untersuchung bereits zugänglich gewesene Localität derselben Thierchen ist in der Kochstrafse, jedoch ist daselbst die Mächtigkeit noch nicht ermittelt.

Aufser diesen drei, ein grofses Areal umfassenden, der directen Untersuchung zugänglich gewesenen Punkten Berlins findet sich, den Aussagen der Baumeister und Brunnenmacher nach, dieselbe thonige Torfmasse unter den Häusern nahe der Friedrichsbrücke in der neuen Friedrichsstrafse; ebenso zwischen der Kochstrafse und dem Halleschen Thor, ferner in der Carlsstrafse zwischen der Panke und der Friedrichsstrafse, und auch unter dem Boden, worauf die neue Charité gebaut worden ist. Ja es sollen noch viele andere Gegenden der Stadt in dieser Bodenbildung übereinstimmen, *so dafs dieses Lager fossiler Infusorien unter allen bisher im Detail bekannten das ausgedehnteste der Süfswasserbildung ist.*

2) Ganz besonders ausgezeichnet ist diese Ablagerung von Infusorien durch die ungleiche Mächtigkeit des Lagers und durch die Einsicht, welche es in die Grundbildung des Bodens in Berlin gewährt, deren weitere Erforschung durch Veröffentlichung des Verhältnisses am meisten gefördert werden dürfte.

Den bisherigen Nachforschungen bei kundigen Tech-

nikern zufolge ist die ganz gleichartige, oberhalb torfige, unterhalb thonige oder moorartige Masse in vier verschiedenen Gegenden der Stadt an beschränkteren Stellen so tief, daß es bisher gar nicht möglich gewesen ist, bis auf einen Baugrund hinabzureichen. So soll am Unterbaum auf einer als Holzplatz benutzten Stelle, zufolge der Mittheilung eines bei der Untersuchung beschäftigt gewesenem Brunnenmachers, bei 70 Fufs Tiefe noch kein fester Boden erreicht worden seyn. In der Carlsstrafse, nahe der Panke, soll sich die Tiefe des schwammigen torfartigen Lagers auf nahe an 100 Fufs berechnen lassen. Eben so soll die Gegend des Teiches im Ranslebenschens Garten in der Kochstrafse bis zu großer Tiefe moorartig seyn, und ein Theil der Friedrichsstrafse, in der Nähe der Kochstrafse, sich in gleicher Art verhalten. Dabei ist eine trichterartige Form solcher Stellen meist sehr deutlich bezeichnet worden.

Aehnliche sehr tiefe und noch tiefere, keinen Baugrund gebende Stellen sind in Potsdam mitten in der Stadt angezeigt, und auch dort wird die daselbst befindliche Masse so beschrieben, daß sie dem Berliner Infusorien-Lager ganz gleich erscheint.

Hienach wäre denn das Berliner Infusorienlager die mächtigste aller bisher bekannt gewordenen Süßwasserbildungen dieser Art, und das bisher sich durch seine Mächtigkeit von 28 Fufs auszeichnende Lager in der Lüneburger Haide wäre nur etwa $\frac{1}{3}$ so stark.

Zur weiteren Untersuchung und Begründung dieses merkwürdigen Verhältnisses bedarf es einiger Bohrversuche in der Mitte der angezeigten Gegenden, die vielleicht im localen bürgerlichen Interesse so sehr als im Interesse der Wissenschaft sind.

3) Es ist hervorzuheben, daß wenn wirklich die trichterförmigen, mit Infusorienmassen erfüllten Einsenkungen im Spree- und Havel-Thale sich bis zur Nähe

von 100 Fufs Tiefe verfolgen lassen, diese Tiefe dem Niveau der Ostsee gleich ist.

4) Das Interesse an dem in Berlin selbst vorkommenden mächtigen Infusorienlager wird noch dadurch sehr erhöht, dafs dasselbe nicht ein abgestorbenes ist, sondern vielmehr sich in einem Zustande befindet, welcher die Fortpflanzungsfähigkeit grosser Massen der Individuen anzeigt. Viele der kleineren Schalen sind zerbrochen, viele andere aber sind unversehrt, und haben im Innern ganz denselben Bau, wie die an der Oberfläche bei Berlin kräftig lebenden Thierchen. Sie sind erfüllt mit frisch und lebhaft grünen geordneten Kügelchen, d. i. mit von grünen Eierchen erfüllten Zellen. Nur der Zahl solcher Zellen nach stehen sie gegen die an der Oberfläche lebenden zurück. Die meisten der massbildenden Thierchen gehören zu den unter allen Umständen bewegungslosen Gallionellen, den Austern und Schildläusen der Bäume gleich. Einigemal sah der Verfasser spontane Bewegung bei kleineren Naviculis; allein eine so starke Ortsveränderung, wie die Naviculae sonst haben, fehlt den meisten. Dennoch glaubt der Verfasser es durchaus und bestimmt aussprechen zu dürfen und zu müssen, dafs die vorhandenen Organisationsverhältnisse nicht erlauben, die Massen für leblos zu erklären, so wenig auch dem Ungeübteren in solchen Beobachtungen das Leben derselben einleuchten möchte.

So findet denn also Leben, grüne Färbung und Fortpflanzung der kleinsten Organismen in lichtlosen fossilen Lagern statt, bei denen das Wasser allein die Atmosphäre zu vermitteln scheint.

5) Zu den sehr auffallenden Eigenthümlichkeiten des Berliner Infusorienlagers gehört auch die Sonderbarkeit, dafs die Hauptmasse der Formen sonst bisher noch gar nicht bei Berlin lebend beobachtet worden ist, dafs aber dieselben Species das mit Braunkohle und Sandstein ab-

wechselnde Lager von Infusorien-Mehl bei Kliecken bilden. Besonders auffallend sind viele beigemischte, sehr zackige und strahlige Kiesel-Nadeln, wie sie bei Seeschwämmen häufig vorkommen, nie aber bei Flussschwämmen, und nie lebend bei Berlin gefunden sind.

6) Eine Untersuchung der Absätze des Berliner Gesundbrunnens, dessen Quelle eine sehr beständige Temperatur zeigt, mithin nicht ganz oberflächlichen Ursprungs seyn kann, zeigte die gewöhnlichen, meist eisenhaltigen Formen der Umgegend Berlins, nicht die gesuchten der unterirdischen Lager.

7) Die Anwendung des Schlammes in der Luisenstraße zu Schlambädern gehört dem Lager der Infusorien an, und hat seines Gleichen bei Loka in Schweden.

XII. *Nachträgliches in Betreff des angeblichen Meteorsteinregens von Iwan.*

»Auf Ansuchen der Direction der vereinigten K. K. Hof-Naturalienkabinette hat der Besitzer der Herrschaft Iwan in Ungarn, der K. K. Kämmerer Hr. Paul Graf Széchényi, den Auftrag an seinen Wirthschaftsverwalter in Iwan ergehen lassen, alldort, und zwar in einer Gegend, wo am 10. Aug. d. J. der viel besprochene Bohnerzregen stattgefunden haben soll, eine Erdscholle von einem Kubikfuß ausstechen und wohl verpackt an ihn hieher nach Wien zu senden. Eine solche, aus einem dreijährigen Kleeacker ausgehobene, und einen ungemein zähen und harten Thonboden repräsentirende Erdscholle kam in vollkommen zusammenhängendem Zustande hier an, und wurde von dem Grafen gefälligst an das K. K. Hof-Mineralienkabinett zur näheren Untersuchung abgegeben. Folgendes sind in Kurzem die

Resultate derselben. Nachdem die mit Kleewurzeln durchzogene Scholle in der Mitte mittelst angebrachter Keile in der Richtung von oben nach unten, parallel den Hauptwurzeln, entzwei geschlagen worden war, zeigte sich an den Bruchflächen beider Hälften eine nicht unbedeutende Anzahl von gröfseren und kleineren schwarzen Kügelchen von Raseneisenstein (Sumpf- oder Wiesenerz) in der Form von Bohnerz, und diese durch die ganze Masse sowohl nach oben als nach unten gleichförmig vertheilt. Die kleinere Hälfte der Scholle wurde alsdann der Schlemmung unterworfen. Nach vielmaligem Abgiefsen des schlammigen Wassers, Absandung der Wurzeln, der gröfseren Quarzgeschiebe, einiger Fragmente von Thongeschirren u. s. w., erhielt man als Rückstand ungefähr ein Viertel oder Fünftel des zum Schlemmen verwendeten Volums, das vorherrschend aus gelblichem Quarzsand bestand, mit wenigen kleinen Quarzgeschieben, aber einer bedeutenden Menge von schwarzen und braunen, gröfseren und kleineren, meist aber sehr kleinen Körnern des oben erwähnten bohnenförmigen Raseneisensteins.

»Es ist einleuchtend, dafs diese Körner schon lange, daher auch vor dem 10. Aug. d. J., in der Scholle des dreijährigen Kleefeldes enthalten waren, darin schon manchen Winter zubrachten, ohne, wie behauptet worden ist, beim Aufthauen zu zerfallen und durch Verwitterung gänzlich zu verschwinden. Selbst der Bekanntmacher dieses angeblichen Meteorsteinregens wird dies nicht läugnen können, da er in seinem Berichte in der Beilage zu No. 293 der Allg. Zeitung vom 20. Oct. d. J. anführt, die Gewalt des Sturzes hätte die Steine nicht tiefer als einen halben Zoll in feuchten Lehm getrieben, in der fraglichen Erdscholle dieselben aber noch in einer Tiefe von zwölf Zoll angetroffen werden.« — (Aus der Allgemeinen Zeitung.)

XIII. *Neue Messungen über das Steigen der schwedischen Küste.*

Hr. A. Almlöf hat im Sommer 1839 die an der schwedischen Küste zwischen Haparanda und Söderköping in früherer Zeit im Niveau des Meeres gemachten Zeichen untersucht, und für deren Höhe über dem Meere im genannten Sommer folgende Werthe erhalten:

O r t.	Alter der Zeichen im J. 1839.	Meereshöhe derselben i. J. 1839.	Jährliches Steigen.
		Decim. Fufs	Decim. Zoll.
Ledskär	44	1,16	0,264
Ulfön, Bockharet	17	0,69	0,465
Södra Korfgrund	18	0,85	0,472
Ässiasund	19	0,50	0,263
Löfgrundet, Svarthällan	108	3,12	0,289
Gräsö	19	1,00	0,526
Svartklubben	19	0,60	
Landsort, Oesterhamnen	39	1,10	0,282
Landsort, Westerhamnen	39	1,20	0,308

(*Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f. 1839.* — Ein schwedischer Decimal-Fufs ist = 0,913993 Par. Fufs, und hält 10 Decimal-Zoll. P.)

XIV. *Physikalisches, auf Dünen beobachtet.*

In einem, unter dem Titel: »Geognostische Studien am Meeres-Ufer,« in v. Leonhard und Bronn's Neuem Jahrbuch etc. 1841, veröffentlichten Aufsatz führt Hr. Prof. Forchhammer folgende auf den Dünen der West-

küste Jütlands gemachte Erfahrung an, welche wir, ihres meteorologischen Interesses wegen, hier mittheilen.

»Unbeschreiblich öde ist der Anblick einer solchen Dünen-Gegend; überall ist man von Sand umgeben, welchen der geringste Wind in Bewegung setzt, und selten sieht man ein lebendiges Wesen in dieser Einöde. Auf der Höhe der Düne verzehrt hin und wieder der Austernfresser (*Haematopus ostralegus*) seine Beute; ein Hase an einzelnen Orten, ein Kaninchen, sind die einzigen größeren Thiere, die man sieht, und der langsame regelmäßige Schlag der Wellen am Ufer der einzige Ton, der das Ohr trifft. Meilenweit kann man in den Dünen gehen, ohne daß die Scene sich im geringsten änderte, und ohne daß man auch nur eine andere Pflanze sähe, als den Strandhafer (*Elymus arenarius*) und einige Scirpus- und Juncus-Arten in den wasserreichen Dünen-thälern. Steigt man auf die Dünen, so wechselt die Scene und das Meer breitet sich mit seinen Wogenzügen, die gegen das Ufer als weißse Brandungen hinziehen, vor dem Auge aus. Aber auch das Meer ist wenig belebt, und nur selten sieht man Schiffe; denn sie fliehen diese Küste, die auf ihrer ganzen Längen-Erstreckung kaum einen einzigen Hafen hat, wo sie Schutz suchen könnten.

Ganz anders zeigt sich die Scene, wenn das Meer vom Sturm bewegt wird. Kaum ist man im Stande sich auf der Düne stehend zu erhalten, es sey denn, daß sie hart am Ufer liege und senkrecht gegen das Meer abgeschnitten sey. Dann fühlt man den Wind gar nicht oder nur sehr wenig, eine Erfahrung, die an unseren Küsten ganz allgemein ist, und bei den senkrechten, bis 200 Fufs hohen Abschlüssen des Ufers sich überall wiederholt, ja auf den *Färöern* bei 2000 Fufs hohen Abstürzen sich eben so zeigt. Das Vieh sucht daher im Sturm immer den Rand des Kliffs und stürzt nicht selten hinab. Diese Erscheinung rührt daher, daß der Wind, indem

er gegen die senkrechte Mauer anprellt, einen senkrecht aufwärts gehenden Luftstrom veranlaßt, der sich noch etwas höher als das Kliff fortsetzt, und so den Beobachter durch eine Luftmauer gegen den Sturm schützt.

Der Sturm setzt den Sand der Düne in Bewegung, und kaum vermag man längere Zeit den Schmerz auszuhalten, welchen der gegen Gesicht und Hände gepeitschte Sand verursacht. Nach allen Seiten ist man von mächtigen Sandwolken umgeben, und das Meer bildet längs der ganzen Küste, so weit das Auge reicht, eine Reihe von Wasserfällen, wo die Welle, indem sie sich an einer der drei Sandbänke, die sich längs der Jütschen Küste hinziehen, bricht, in einer Höhe von fünfzehn bis sechzehn Fufs überstürzt und sich in Schaum auflöst, ein Schauspiel darbietet, dem an Großartigkeit schwerlich irgend ein Wasserfall der Welt gleichgestellt werden kann. Schneeweisse Schaumbälle ziehen wie Mövenschwärme über die Dünen hin bis weit in's Land hinein, und der Beobachter fühlt bald Gesicht, Hände und Kleider mit Salz überzogen.

Ehe der Sturm heranzieht, während die Luft noch ruhig ist, hört man den Schlag der Wogen in einer Entfernung von vier deutschen Meilen von der Küste; daher weifs man viele Stunden vorher, dafs ein Sturm kommen werde.

XV. *Geschichtliche Untersuchung über die vom Anfange des vierten bis zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts von den Historikern erwähnten Erdbeben;*
von Hrn. A. Perrey in Dijon.

Die *Compt. rend.* vom 2. Nov. d. J. (*T. XIII p. 899*) geben von dieser, der Pariser Academie übersandten, sehr

detaillirten Abhandlung einen Auszug, aus welchem wir folgende Tafel herausheben:

Verzeichniß der von 306 bis 1800 aufgeführten Erdbeben in Europa und Syrien.

	Mit Angabe des Tags und Monats.												Blofs die Jahreszeit.	Summe im		
Jahrhunderte.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.	Herbst und Winter.	Frühling und Sommer.	Blofs mit Angabe des Jahrs.	Jahr. hundert.
IV.							1	1		1		2	3	1	12	21
V.	1		1	4		2	1		3		2		2		11	27
VI.		1		2	2	1	2	2	2	3	2	2	1		10	30
VII.				1		1		2							5	9
VIII.	2	2	1	1	1				1	1			1		4	13
IX.	5	2	1	1		2		2	2	2		5	4	3	12	40
X.			1	1					1	2	1	1	1		6	14
XI.	1	3	5	1	2	1	2	3	3	4	4	4	2	1	12	48
XII.	10	3	2	3	3	4		4	3	1	1	7	2		28	71
XIII.	3	2	3	2	3	2		3		2	6	1	1		14	41
XIV.	4	2	3	1	2	4	3	2	4	3	4	3	1	2	7	45
XV.		1	1		2	2	2	2	2	2	2	6		1	16	37
XVI.	11	5	5	7	9	8	2	4	9	3	5	13	3	1	24	109
XVII.	19	14	17	12	6	10	12	4	13	3	12	16		1	37	176
XVIII.	30	25	27	20	16	23	22	17	15	28	26	27	2	3	25	306
	86	60	66	56	46	60	47	43	58	53	61	92	23	13	223	987
	Winter:		Frühl.:		Somm.:		Herbst:									
	212		162		148		206									

(Im Allgemeinen kommen die Verhältnisse dieser Zahlen mit denen überein, welche der verstorbene v. Hoff für den zehnjährigen Zeitraum von 1821 bis 1830 gefunden hat. S. Ann. Bd. XXXIV S. 104. P.)

XVI. Mittlere Temperatur von Algier nach vierjährigen Beobachtungen des Hrn. Aimé.

(Mitgetheilt von Hrn. A. v. Humboldt.)

Die nachstehenden Resultate sind die Mittelwerthe aus den vom April 1838 bis October 1841 täglich beobachteten Maximis und Minimis. Die Berechnung geschah durch Hrn. Laugier. Des Vergleiches halber wurden, nach Hrn. Mahlmann's Angabe, die Mittel für Palermo (welches $1^{\circ}\frac{1}{3}$ nördlicher als Algier liegt) aus 39jährigen Beobachtungen hinzugefügt.

	1838.	1839.	1840.	1841.	Mittel.	Palermo.
Jan.		11°,60	11°,85	11°,49	11°,65	10°,8
Febr.		11°,91	12°,73	13°,41	12°,68	10°,7
März		14°,19	11°,22 ¹⁾	14°,59	13°,33	12°,2
April	14°,45	16°,06	14°,55	15°,01	15°,02	14°,7
Mai	18°,83	18°,04	19°,33	20°,07	19°,07	18°,2
Juni	22°,27	23°,14	22°,16	20°,26	21°,95	21°,7
Juli	24°,00	24°,30	23°,51	24°,32	24°,03	24°,3
Aug.	23°,71	24°,18	26°,43	24°,53	24°,71	24°,6
Sept.	23°,02	22°,01	22°,82	23°,61	22°,87	22°,6
Oct.	20°,42	19°,36	20°,13	21°,17	20°,27	19°,4
Nov.	18°,50	14°,85	16°,50		16°,62	15°,2
Dec.	11°,46	13°,86	13°,26		12°,86	12°,6
Mitteltemperatur des Jahres					17°,84	17°,2

Mittlere Temperaturen der Jahreszeiten.

Dec.	12°,86	März	13°,33	Juni	21°,95	Sept.	22°,87	
Jan.	11°,65	April	15°,02	Juli	24°,03	Oct.	20°,27	
Febr.	12°,68	Mai	19°,07	Aug.	24°,71	Nov.	16°,62	
Winter		12°,40	Frühl.	15°,47	Somm.	23°,56	Herbst	19°,92.

(Alles in hunderttheiligen Graden.)

1) Kein Fehler!